

PCT

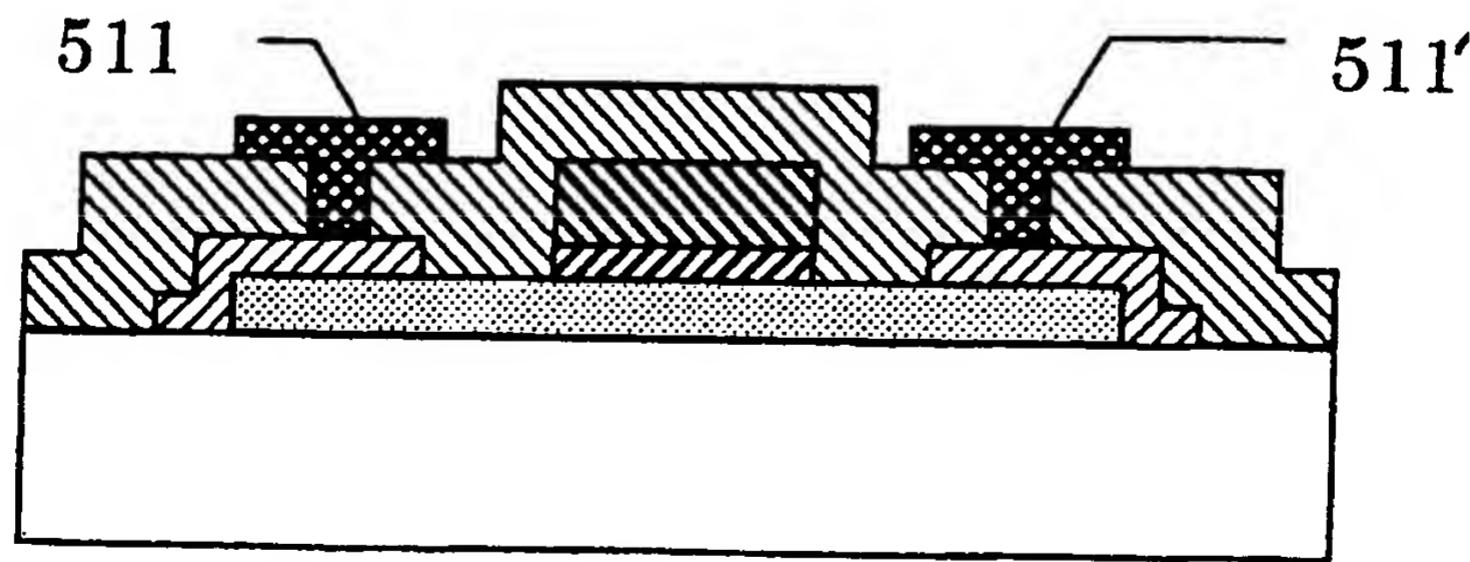
世界知的所有権機関
国際事務局
特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類7 H01L 29/786, 21/336, 21/208, 21/316, 21/288, G02F 1/1368	A1	(11) 国際公開番号 WO00/59041 (43) 国際公開日 2000年10月5日(05.10.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP00/01986 (22) 国際出願日 2000年3月29日(29.03.00) (30) 優先権データ 特願平11/127502 1999年3月30日(30.03.99) JP (71) 出願人(米国を除くすべての指定国について) セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION)[JP/JP] 〒163-0811 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号 Tokyo, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人(米国についてのみ) 湯田坂一夫(YUDASAKA, Ichio)[JP/JP] 下田達也(SHIMODA, Tatsuya)[JP/JP] 関 俊一(SEKI, Shunichi)[JP/JP] 〒392-8502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano, (JP) (74) 代理人 鈴木喜三郎, 外(SUZUKI, Kisaburo et al.) 〒392-8502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社 知的財産部内 Nagano, (JP)	(81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE) 添付公開書類 国際調査報告書	

(54) Title: METHOD OF MANUFACTURING THIN-FILM TRANSISTOR

(54) 発明の名称 薄膜トランジスタの製造方法



(f)

(57) Abstract

All or part of thin film, such as silicon film, insulating film and a conducting film, which composes a thin-film transistor are formed using liquid materials. Coating of liquid material on a substrate is heat-treated to form desired thin film. This method allows use of low-cost equipment, thus reducing the manufacturing costs of thin-film transistors.

(57)要約

薄膜トランジスタを構成するシリコン膜、絶縁膜、導電膜などの薄膜の全部又は一部を液体材料を用いて形成する。その主たる方法は、液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成し、該塗布膜を熱処理することにより所望の薄膜を形成するので低価格の装置により低成本で薄膜トランジスタを製造できる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦	DM ドミニカ	KZ カザフスタン	RU ロシア
AG アンティグア・バーブーダ	DZ アルジェリア	LC セントルシア	SD スーダン
AL アルバニア	EE エストニア	LI リヒテンシュタイン	SE スウェーデン
AM アルメニア	ES スペイン	LK スリ・ランカ	SG シンガポール
AT オーストリア	FI フィンランド	LR リベリア	SI スロヴェニア
AU オーストラリア	FR フランス	LS レソト	SK スロヴァキア
AZ アゼルバイジャン	GA ガボン	LT リトアニア	SL シエラ・レオネ
BA ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB 英国	LU ルクセンブルグ	SN セネガル
BB バルバドス	GD グレナダ	LV ラトヴィア	SZ スウェーデン
BE ベルギー	GE グルジア	MA モロッコ	TD チャード
BF ブルギナ・ファソ	GH ガーナ	MC モナコ	TG トーゴー
BG ブルガリア	GM ガンビア	MD モルドヴァ	TJ タジキスタン
BJ ベナン	GN ギニア	MG マダガスカル	TM トルクメニスタン
BR ブラジル	GR ギリシャ	MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR トルコ
BY ベラルーシ	GW ギニア・ビサオ	共和国	TT トリニダード・トバゴ
CA カナダ	HR クロアチア	ML マリ	TZ タンザニア
CF 中央アフリカ	HU ハンガリー	MN モンゴル	UA ウクライナ
CG コンゴ	ID インドネシア	MR モーリタニア	UG ウガンダ
CH スイス	IE アイルランド	MW マラウイ	US 米国
CI コートジボアール	IL イスラエル	MX メキシコ	UZ ウズベキスタン
CM カメルーン	IN インド	MZ モザンビーク	VN ベトナム
CN 中国	IS アイスランド	NE ニジェール	YU ユーゴスラヴィア
CR コスタ・リカ	IT イタリア	NL オランダ	ZA 南アフリカ共和国
CU キューバ	JP 日本	NO ノルウェー	ZW ジンバブエ
CY キプロス	KE ケニア	NZ ニュージーランド	
CZ チェコ	KG キルギスタン	PL ポーランド	
DE ドイツ	KP 北朝鮮	PT ポルトガル	
DK デンマーク	KR 韓国	RO ルーマニア	

明細書

薄膜トランジスタの製造方法

技術分野

本発明は、液晶表示装置、発光型の表示装置、及びLSIなどに使用される薄膜トランジスタの製造方法に関し、より詳しくは薄膜トランジスタを構成する薄膜を液体材料を用いて形成することにより、薄膜トランジスタを製造する方法に関する。

背景技術

通常、薄膜トランジスタは半導体膜、絶縁膜、導電膜などの薄膜で構成される。液晶表示装置などに利用される薄膜トランジスタではこの外に透明導電膜が使用される。薄膜を機能的に分類すると、絶縁膜にはゲート絶縁膜と層間絶縁膜などがあり、導電膜にはゲート電極、ソース・ドレイン電極、画素電極及び配線として用いられるものがある。これらの薄膜の形成には従来、主に CVD (Chemical Vapor Deposition) 法やスパッタ法が用いられてきた。

半導体膜としては主にアモルファスシリコン膜（または非晶質シリコン膜）やポリシリコン膜（または多結晶シリコン膜）のシリコン膜が用いられている。従来、シリコン膜の形成方法としては、モノシランガスやジシランガスを用いた熱CVD法やプラズマCVD、光CVD等が利用されており、一般的にはポリシリコンは熱CVD (J.Vac.Sci.Technology., 14巻 1082頁 (1977年) 参照) で、またアモルファスシリコンはプラズマCVD (Solid State Com., 17巻 1193頁 (1975年) 参照) が広く用いられている。

しかしこれらのCVD法によるシリコン膜の形成においては、プロセス面では以下の点で更なる改良が待たれていた。①気相反応を用いるため気相でシリコンの粒子が発生するため、装置の汚染や異物の発生による生産歩留まりが低い。②原料がガス状であるため、表面に凹凸のある基板上には均一膜厚のものが得られにくい。③基板加熱工程が必要であることと、膜の形成速度が遅いため生産性が

低い。④プラズマCVD法においては複雑で高価な高周波発生装置や真空装置などが必要である。

また、材料面では毒性、反応性の高いガス状の水素化ケイ素を用いるため取り扱いに難点があるのみでなく、ガス状であるため密閉状の真空装置が必要であり、排気ガスの処理には除害装置が必要である。一般にこれらの装置は大掛かりなもので装置自体が高価であるのみでなく、真空系やプラズマ系に多大のエネルギーを消費するため製品のコスト高に繋がっている。

近年、これに対して真空系を使わずに液体状の水素化ケイ素を塗布する方法が提案されている。特開平1-29661号公報にはガス状の原料を冷却した基板上に液体化して吸着させ、化学的に活性な原子状の水素と反応させてシリコン系の薄膜を形成する方法が開示されているが、以下のような問題点がある。①原料の水素化ケイ素を気化と冷却を続けて行うため複雑な装置が必要になるのみでなく、膜厚の制御が困難である。

また、特開平7-267621号公報には、低分子量の液体状の水素化ケイ素を基板に塗布する方法が開示されているが、この方法は系が不安定なために取り扱いに難点があるとともに、大面積基板に応用する場合に均一膜厚を得るのが困難である。

一方、固体状の水素化ケイ素ポリマーの例が英国特許GB-2077710Aに報告されているが、溶媒に不溶なためコーティングによる膜を形成することができない。

更に上記シリコン半導体膜は通常、周期律表の第3族元素や第5族元素をドーピングし、ポジ型またはネガ型の半導体として使用される。これらのドーピングは通常、シリコン膜を形成した後、熱拡散やイオン注入法により行われる。熱拡散法は基本的に高温プロセス(800°C以上が必要)であり、使用可能な基板材料が限定される。特に液晶表示装置用に使われるガラス基板には適用できない。イオン注入法は不純物量の精確な制御が出来る、シリコン膜中の深さ方向に不純物分布の制御が出来るという特徴があるものの、真空装置であること、装置が大型であり重量が大きく価格が高いことなどの課題がある。

通常のノンドープシリコン膜の形成に使われる CVD 法により、不純物がドープされたドープシリコン膜を形成する方法も従来より使用されていた。しかし、この方法は CVD 法が有する特徴及び課題を総て有している。

薄膜トランジスタに使用されるゲート絶縁膜や層間絶縁膜用の絶縁膜との形成にも、前述したシリコン膜の形成と同様の熱 CVD 法やプラズマ CVD 法が主に利用されている。SOG で形成される絶縁膜や有機絶縁膜は平坦化を目的としてしばしば使用されるが、単独で使用されることはほとんどなく CVD 法で形成される膜と併用して使われる。

薄膜トランジスタに使用されるゲート電極やソース、ドレインなどの電極用導電膜、配線用導電膜、画素電極として用いられる透明導電膜の形成にはスパッタ法が広く用いられている。

前述の CVD 法には次の 4 つの特徴があり、これらの特徴は絶縁膜形成においてもシリコン膜の形成と同様である。①気相反応を用いるため気相でシリコンの粒子が発生するため、装置の汚染や異物の発生による生産歩留まりが低い。②原料がガス状であるため、表面に凹凸のある基板上には均一膜厚のものが得られにくい。③基板加熱工程が必要であることと、膜の形成速度が遅いため生産性が低い。④プラズマ CVD 法においては複雑で高価な高周波発生装置や真空装置などが必要である。

主に金属膜からなる導電膜と透明導電膜の形成に利用されるスパッタ法も、真空装置が必要であり、真空ポンプの外にターゲット材、スパッタ用の電源、基板加熱装置なども必要になる。スパッタ法は CVD 法に比べて毒性や可燃性を有するガスを使用することは少ないが、成膜対象となる基板以外に基板がセットされるチャンバの内壁にも成膜され、内壁に付着した成膜物質が剥がれて成膜中の異物発生となり、製品の歩留まり低下の原因となる点は CVD 法と同様である。また、スパッタ法でも基板表面の凹凸部での膜厚の不均一性、生産性の低さ、真空装置が必要なため装置が大がかりで高価であることなど CVD 法と共通の課題がある。

従って、従来の CVD 法やスパッタ法で薄膜を形成する方法には、生産性が低

い、欠陥が多く歩留まりが悪い、表面の凹凸部で膜厚が不均一となる、配線パターンでは段差部で断線するなどの共通の課題があった。これらの課題は製造される薄膜トランジスタのコストアップという課題となる。CVD法やスパッタ法におけるこれらの課題は、真空装置を用いること、基板加熱を必要とすること、プラズマなどの電源が必要なこと、基板以外の装置内壁など不要な部分にも成膜されその膜が剥がれて異物欠陥の原因となることなど、これらの成膜方法が本質的に有する特徴に起因するものであった。また、それらの本質的な特徴は、装置が大がかりなものとなるため装置のコストが高い、装置のランニングコストが高いという課題も有している。

また、従来のシリコン膜への不純物導入方法では、CVD法による場合は上記課題と全く同じ課題を有しており、イオン注入法による場合は装置の価格、ランニングコストが高いという課題を有している。これらの課題は従来の方法で製造される薄膜トランジスタのコストが高いという課題となる。

発明の開示

本発明は、従来の成膜法と本質的に異なる新しい方法により薄膜トランジスタを製造することを提案するものであり、従来の成膜方法が本質的に内在している前記課題を解決するものであり、小型で安価な装置により、生産性が高く、欠陥が少なく、歩留まりが高く、段差部で断線が生じることがなく、低成本で薄膜形成でき、従来に比べて圧倒的に低成本で薄膜トランジスタを製造することを目的としている。

本発明は、上記の目的を達成するために薄膜トランジスタを構成するシリコン膜、絶縁膜、導電膜などの各薄膜の総てまたは大部分の薄膜を液体材料を用いる方法で形成する。また、薄膜トランジスタの製造において必要になるシリコン膜への不純物導入及びその不純物量の制御についても、液体材料によるシリコン膜の薄膜形成という手段で実現するものである。液体材料を用いて薄膜を形成する主たる方法は、液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成し、該塗布膜を熱処理することにより所望の薄膜を形成するものである。

本発明の第1は、少なくとも不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、前記不純物濃度が制御されたシリコン膜はノンドープシリコン膜とドープシリコン膜からなり、前記ノンドープシリコン膜の形成がシリコン原子含有の液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に該塗布膜をノンドープシリコン膜にする熱処理工程とからなり、前記ドープシリコン膜がシリコン原子とボロン又はリン含有の液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に該塗布膜をドープシリコン膜にする熱処理工程とからなることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

また、上記構成において、好ましくは、前記ノンドープシリコン膜がチャネル領域を形成し、前記ドープシリコン膜がソース・ドレイン領域を形成することを特徴とする。また、前記ドープシリコン膜は電極や配線を形成することを特徴とする。

本発明の第2は、少なくとも不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、所望の不純物濃度を含む前記不純物濃度が制御されたシリコン膜を得るために、シリコン原子を含む液体材料と、シリコン原子と不純物を含む液体材料の混合液を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に該塗布膜を不純物濃度が制御されたシリコン膜にする熱処理工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

また、上記構成において、前記所望の不純物濃度を含む前記不純物濃度が制御されたシリコン膜は、チャネル領域を形成することを特徴とする。

本発明の第3は、少なくとも不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、前記不純物濃度が制御されたシリコン膜はノンドープシリコン膜とドープシリコン膜の積層膜から形成され、前記ノンドープシリコン膜の形成がシリコン原子含有の液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に該塗布膜をノンドープシリコン膜にする熱処理工程とからなり、前記ドープシリコン膜の形成がシリコン原子と不

純物を含む液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に該塗布膜をドープシリコン膜にする熱処理工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

上記構成において、好ましくは、前記ノンドープシリコン膜とドープシリコン膜の積層膜からなる不純物濃度が制御されたシリコン膜は、チャネル領域を形成することを特徴とする。

本発明の第4は、不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、絶縁基板または絶縁膜上に、シリコン原子を含む液体材料またはシリコン原子と不純物含む液体材料を塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を不純物濃度が制御されたシリコン膜にする熱処理工程と、該シリコン膜をパターニングしてソース、ドレイン及びチャネルとなる島領域を形成する工程と、ゲート絶縁膜を形成する工程と、ゲート電極を形成する工程と、前記ゲート電極をマスクにしてソース、ドレイン領域上のゲート絶縁膜を除去してソース、ドレイン領域となるシリコン膜を露出する工程と、シリコン原子と不純物を含む液体材料を露出したソース・ドレイン領域上に塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を熱処理してドープシリコン膜を形成する第1の熱処理工程と、該ドープシリコン膜中の不純物を下層のシリコン膜に拡散する第2の熱処理工程と、前記ドープシリコン膜をパターニングして前記ソース・ドレイン領域上的一部分に重畠するパタンを形成する工程と、層間絶縁膜を形成する工程と、層間絶縁膜にコンタクトホールを開口する工程と、電極を形成する工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

本発明の第5は、不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、絶縁基板または絶縁膜上に、シリコン原子と不純物を含む液体材料を塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を熱処理してドープシリコン膜としてソース、ドレイン領域を形成する工程と、シリコン原子を含む液体材料またはシリコン原子と不純物含む液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を不純物濃度が制御されたシリコン膜にする熱処理工程と、該不純物濃度が制御されたシリコン膜をパターニン

グして前記ソース、ドレイン領域と接続するチャネル領域を含む島領域を形成する工程と、ゲート絶縁膜を形成する工程と、ゲート電極を形成する工程と、層間絶縁膜を形成する工程と、層間絶縁膜にコンタクトホールを開口する工程と、電極を形成する工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

本発明の第6の構成は、不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、絶縁基板または絶縁膜上に、ゲート電極を形成する工程と、ゲート絶縁膜を形成する工程と、シリコン原子を含む液体材料またはシリコン原子と不純物含む液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を不純物濃度が制御されたシリコン膜にする熱処理工程と、シリコン原子と不純物を含む液体材料を塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を熱処理して不純物ドープのシリコン膜としてソース、ドレイン領域を形成する工程と、電極を形成する工程とを備えることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

本発明の第7は、上記第1乃至第6のいずれかの構成において、前記液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成し、次に該塗布膜を熱処理して不純物濃度が制御されたシリコン膜を形成する前記熱処理工程は、前記塗布膜から溶媒を除去する第1の熱処理工程と、次に不純物濃度が制御されたシリコン膜を形成する第2の熱処理工程からなることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

本発明の第8は、上記第1乃至第6のいずれかの構成において、前記不純物濃度が制御されたシリコン膜を形成する前記熱処理工程は、前記塗布膜から溶媒を除去する第1の熱処理工程と、次に不純物濃度が制御されたシリコン膜を形成する第2の熱処理工程と、次に該不純物濃度が制御されたシリコン膜を結晶化する第3の熱処理工程からなることを特徴とする。

上記構成において、好ましくは、前記第1の熱処理工程は、溶媒を除去する乾燥工程と該塗布膜内で熱分解および/または光分解する工程を含むことを特徴とする。また、前記光分解する工程は、好ましくは、波長が170nm以上380nm以下の光を前記塗布膜に照射することを特徴とする。また、好ましい一態様

において、前記第2又は第3の熱処理工程は、ランプアニールまたはレーザアニールによる熱処理であることを特徴とする。また、好ましい一態様において、前記第1、第2、第3の熱処理工程は、該熱処理工程を経て形成された不純物濃度が制御されたシリコン膜中に含まれる酸素原子が100 ppm以下になるように、酸素濃度が制御された雰囲気で処理されることを特徴とする。

本発明の第9は、上述した構成において、不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、前記絶縁膜の形成工程は、基板にポリシラザンを塗布する工程と、次に熱処理により塗布されたポリシラザンを SiO_2 膜とする工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

本発明の第10は、上述した構成において、導電膜の形成工程は、金属含有の液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に熱処理により該塗布膜を導電膜とする工程と、次に該導電膜をパターニングする工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

本発明の第11は、上述した構成において、前記導電膜の形成工程は、メッキ法により基板に導電膜を形成する工程と、次に該導電膜をパターニングする工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

本発明の第12は、上述した構成において、前記導電膜の形成工程または透明導電膜の形成工程は、基板にインジウムとスズを含む有機化合物を塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜をITO膜にする熱処理工程からなることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

本発明の第13は、上述した構成において、前記不純物濃度が制御されたシリコン膜形成のための液体材料は、一般式 Si_nX_m (ここで、nは5以上の整数を表し、mはnまたは2n-2または2nの整数を表し、Xは水素原子および/またはハロゲン原子を表す)で表される環系を有するケイ素化合物を含む溶液であることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。また、好ましくは前記一般式 Si_nX_m で表される環系を有するケイ素化合物は、nが5以上で20以下であることを特徴とする。

本発明の第14は、前記不純物濃度が制御されたシリコン膜形成のための液体材料は、一般式 $Si_aX_bY_c$ (ここで、Xは水素原子および/またはハロゲン原子を表し、Yはホウ素原子またはリン原子を表し、aは3以上の整数を表し、bはa以上で $2a+c+2$ 以下の整数を表し、cは1以上でa以下の整数を表す)で表されるケイ素化合物を含む溶液であることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。また、好ましくは、前記ケイ素化合物において、 $a+c$ が5以上で20以下であることを特徴とする。

上記第13又は第14の構成において、前記ケイ素化合物を含有する溶液は、溶質濃度が1~80重量%であることが望ましい。また、前記溶液は粘度が1~100 mPa·sであることが望ましい。また、前記溶液は室温における蒸気圧が0.001~100 mmHgである溶媒を含んでいることが望ましい。更にまた、前記溶液は炭化水素系溶媒からなることが望ましい。

本発明の第15は、不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜および導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、前記各薄膜の総ての薄膜または大部分の薄膜が液体材料を用いる方法で形成され、且つ該薄膜の形成において真空装置を用いない方法で形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

本発明の第16は、不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜および導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、前記薄膜トランジスタは透明導電膜を有しており、前記各薄膜の総ての薄膜または大部分の薄膜が液体材料を用いる方法で形成され、且つ該薄膜の形成において真空装置を用いない方法で形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

本発明の第17は、上記第15又は第16の構成において、前記液体材料により形成される各薄膜の形成方法において、該液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する方法が、ロールコート法、カーテンコート法、ディップコート法、スプレー法、インクジェット法のいずれかの方法または前記いずれかの方法とスピンコート法を組み合わせた方法であることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法である。

図面の簡単な説明

第1図は、従来のCVD法による薄膜形成の工程を示す図である。

第2図は、本発明による液体材料を用いた薄膜形成工程を示す図である。

第3図は、スピンドルコート法により塗布膜の形成を模式的に示す図である。

第4図は、インクジェット法とスピンドルコート法を組み合わせて塗布膜を形成する方法を模式的に示す図である。

第5図は、本発明の実施例にかかるコプレナ型薄膜トランジスタの製造工程を示す断面図である。

第6図は、本発明の実施例にかかるスタガ型薄膜トランジスタの製造工程を示す断面図である。

第7図は、本発明の実施例にかかる逆スタガ型薄膜トランジスタの製造工程を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

薄膜トランジスタを構成する薄膜にはシリコン膜、絶縁膜、導電膜があり、液晶表示装置装置などに用いられる薄膜トランジスタには更に透明導電膜が薄膜として使用される。従来、これらの薄膜は主にCVD装置やスパッタ装置により形成されていた。従来のCVD法やスパッタ法で薄膜を形成する方法は、生産性が低い、欠陥が多く歩留まりが悪い、表面の凹凸部で膜厚が不均一となる、配線パターンでは段差部で断線する、という課題があった。これらの課題は前記方法で製造される薄膜トランジスタのコストアップという課題となる。CVD法やスパッタ法におけるこれらの課題は、真空装置を用いること、基板加熱を必要とすること、プラズマなどを発生させるための電源が必要なこと、基板以外の装置内壁など不要な部分にも成膜されその膜が剥がれて異物欠陥の原因となることなど、これらの成膜方法が本質的に有する特徴に起因するものであった。また、それらの本質的な特徴は、装置が大がかりなものとなるため装置のコスト高い、装置のランニングコストが高いという課題も有している。

第1図に従来の一般的なCVD法による成膜の標準的な工程を示す。CVD装

置にセットされた基板は、ロードロック室に移動された後真空引きされ、次に加熱チャンバに移動された後加熱され、次にプロセスチャンバに移動されて成膜される。プロセスチャンバには基板温度維持のための加熱機構があり、成膜に必要なプロセスガスの導入が行われ、圧力が安定した後に高周波が印加され導入したガスがプラズマ化され成膜される。成膜後は残留のプロセスガスがバージされ、基板がロードロック室に移動されベントされて大気中に取り出される。CVD法で用いられるプロセスガスには毒性や可燃性を有するガスが多いため、CVD装置には安全管理上それらのガスの漏洩検知器や排気ガスを無害化するための除害装置も必要になる。また、前記バージ工程においては、毒性や可燃性を有するガスを十分バージする必要があり、成膜工程を完了するのに時間がかかる。

スパッタ法においても第1図に示すCVD法とほぼ同様な処理工程を経て成膜される。CVD法と異なる点は、使用するガスが主にArなどの不活性ガスで毒性や可燃性を有するガスを使うことが少ないと、スパタリング用のプラズマ電源に高周波ではなくDC電源が用いられることが多いことである。これらの相違は薄膜を形成する工程全体や装置構成の全体的比較でみると僅かな相違であり、装置が大がかりであり、生産性が低いことなどスパッタ法もCVD法と同様な課題を有している。

これに対し、本発明では前記薄膜を液体材料により形成する。その主たる方法は、液体材料の基板上への塗布膜形成と、該塗布膜を所望の機能膜にするための熱処理工程からなる。塗布膜の形成には、スピンドルコート法、ロールコート法、カーテンコート法、ディップコート法、スプレー法、インクジェット法などがあり、これらの方法に使用される塗布装置の基本構成は基板を保持するステージまたはホルダと該基板上に液体を塗布するための機構であるから、該塗布装置の構成はいたって簡単である。塗布膜を機能膜に変成するための熱処理工程及び/または光照射工程で使用される装置には、オーブン、ベーク炉、アニール炉などの熱処理装置やハロゲンランプやUVランプなどを光源とする光照射装置があるが、これらの装置も真空系を有しないため構造は簡単である。

第2図は本発明において使用する、薄膜を形成する基本的な方法であるところ

の液体材料から薄膜を形成する方法を示す図である。該方法は第2図に示すように塗布膜形成と薄膜形成の2つの工程からなる。塗布膜形成工程と薄膜形成工程は、使用する液体材料によっては雰囲気制御が必要になるが、基本的には大気圧下で行われる。第1図に示す従来のCVD法やスパッタ法による成膜工程と比較すると、本発明による薄膜形成の方法が如何に工程が短いかが理解できるはずである。また、例えばスピンドル法による塗布膜の形成装置は第3図に示すように、回転可能なステージ301とその上にセットされた基板302上に液体材料303を滴下する機構があればよい。スピンドル法以外のロールコート法、カーテンコート法、ディップコート法、スプレー法、インクジェット法などの塗布膜形成装置も装置の基本構成はスピンドル法と同じであり、CVD装置やスパッタ装置に比べると非常に簡単である。また、第2図の熱処理装置も基本構成は基板がセットされるステージやホルダと加熱機構から構成され、真空装置は不要である。従って、本発明で使用される装置が従来のCVD装置やスパッタ装置に比べて、小型で安価な装置であり、且つ大きな生産能力があることが分かるはずである。

また、薄膜トランジスタの活性層を構成するシリコン膜には導電型を決める不純物が導入され、該不純物の濃度は薄膜トランジスタの電気的特性に応じて厳密に制御されなければならない。従来、不純物導入にはイオン打込み法が使用されてきたが、本発明の液体材料を用いて不純物濃度が制御されたシリコン膜を形成する方法によれば、高価で大型のイオン打込み装置が不要となる。

本発明の薄膜トランジスタの製造方法では、液体材料を基板に塗布する工程が採用される。第3図に示すスピンドル法は、基板上に滴下された液体材料の大部分が基板の回転で飛散し、実際の塗布膜の形成に利用されるのはごく僅かである。この問題を解決するために本発明ではインクジェット法とスピンドル法の組合せ、またはインクジェット法で塗布膜を形成する。

第4図はインクジェット法とスピンドル法を組み合わせて塗布膜を形成する方法を示す図である。第4図(a)において、回転可能なステージ401上に基板402がセットされ、インクジェットヘッド403から吐出された液体材料4

04が、基板上に微少な液滴405として形成される。次に、第4図(b)に示すようにステージ401が回転軸406によって回転すると塗布膜407が形成される。スピンドル法では材料の利用効率が精々数%程度であるが、第4図に示す方法により材料の利用効率を数10%に高めることができる。尚、インクジェット法を単独に用いて、必要な領域のみ塗布膜を形成する方法では、材料の利用効率を90%以上に高めることも可能である。

本発明は、従来の成膜方法が本質的に内在している前記課題を解決するものであり、小型で安価な装置により、生産性が高く、欠陥が少なく、歩留まりが高く、段差部の被覆性がよく、低コストで薄膜形成でき、従って低コストで薄膜トランジスタを製造する方法を提供するものである。

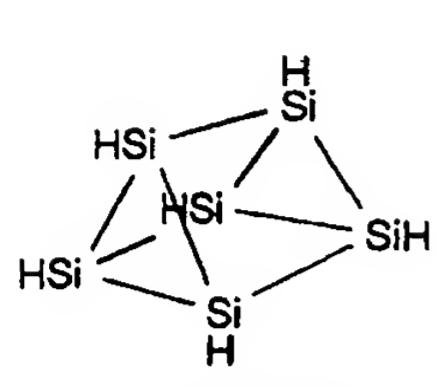
本発明における薄膜トランジスタの製造方法は、薄膜トランジスタを構成する不純物濃度が制御されたシリコン膜、絶縁膜及び導電膜の各薄膜の全部または一部の薄膜を液体材料を用いて形成する。前記各薄膜の基本的な形成工程は、液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に熱処理により該塗布膜を薄膜とする工程からなるが、液体材料中に基板を浸漬することにより、基板表面に所望の薄膜を形成する工程からなる方法も含まれる。

本発明における不純物濃度が制御されたシリコン膜の形成には、ケイ素化合物を含む溶液が用いられる。前記ケイ素化合物は、一般式 Si_nX_m （ここで、nは5以上の整数を表し、mはnまたは $2n-2$ または $2n$ の整数を表し、Xは水素原子および/またはハロゲン原子を表す）で表される環系を有するケイ素化合物である。特に、上記一般式 Si_nX_m のケイ素化合物として、nが5以上20以下であるものが好ましく、nが5又は6であるものがより好ましい。nが5より小さい場合、ケイ素化合物自体が環構造による歪みにより不安定となるため取り扱いが難しくなり、またnが20より大きい場合、ケイ素化合物の凝集力に起因して溶液中の溶解性が低下し、実際に使用可能な溶媒の選択性が狭くなる。

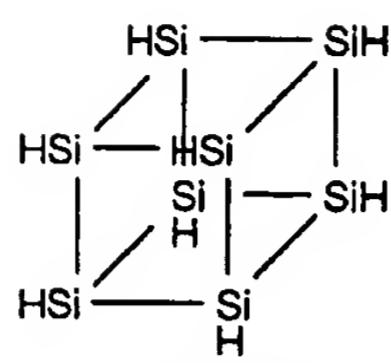
上記一般式のケイ素化合物の具体例としては、1個の環系を有するものとしてシクロペンタシラン、シリルシクロペンタシラン、シクロヘキサシラン、シリルシクロヘキサシラン、シクロヘプタシランが、具体的には2個の環系を有するも

のとして 1、1' - ピスシクロブタシラン、1、1' - ピスシクロペンタシラン、1、1' - ピスシクロヘキサシラン、1、1' - ピスシクロヘプタシラン、1、1' - シクロブタシリルシクロペンタシラン、1、1' - シクロブタシリルシクロヘキサシラン、1、1' - シクロブタシリルシクロヘプタシラン、1、1' - シクロペンタシリルシクロヘキサシラン、1、1' - シクロペンタシリルシクロヘプタシラン、スピロ [2、2] ペンタシラン、スピロ [3、3] ヘプタシラン、スピロ [4、4] ノナシラン、スピロ [4、5] デカシラン、スピロ [4、6] ウンデカシラン、スピロ [5、5] ウンデカシラン、スピロ [5、6] ドデカシラン、スピロ [6、6] トリデカシランが挙げられる。

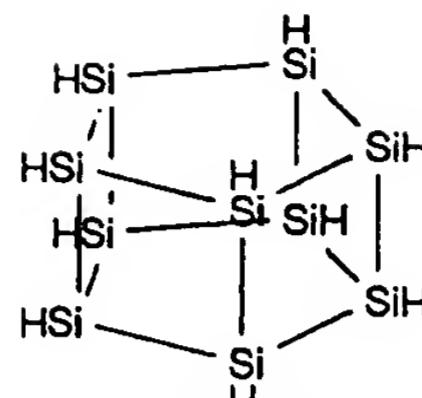
また、多環系のものとして下記式の化合物 1～化合物 5 の水素化ケイ素化合物を挙げることができる。



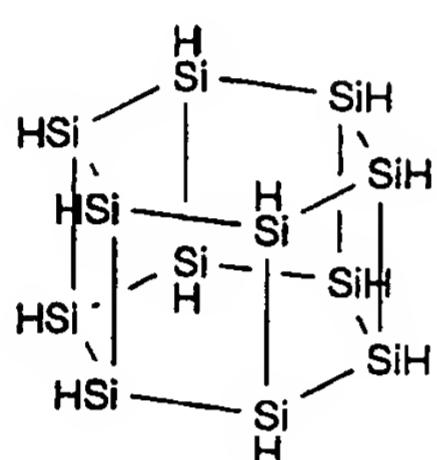
化合物 1



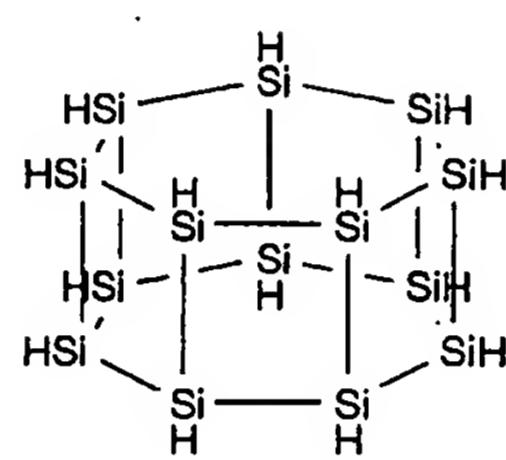
化合物 2



化合物 3



化合物 4



化合物 5

また、これらの水素化ケイ素化合物の他にこれらの骨格の水素原子を部分的に SiH_3 基やハロゲン原子に置換したケイ素化合物を挙げることができる。これらは 2 種以上を混合して使用することもできる。これらの内、溶媒への溶解性の点で 1、1' - ピスシクロペンタシラン、1、1' - ピスシクロヘキサシラン、スピロ [4、4] ノナシラン、スピロ [4、5] デカシラン、スピロ [5、5] ウンデカシラン、スピロ [5、6] ドデカシランおよびこれらの骨格に SiH_3 基を有するケイ素化合物が特に好ましい。

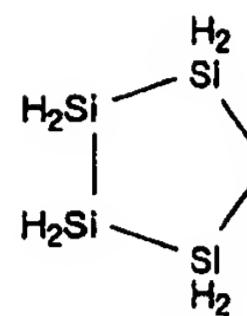
また、本発明におけるシリコン膜形成において使用されるケイ素化合物は、上記一般式 $\text{Si}_n \text{X}_m$ で表される環系を有するケイ素化合物を必須成分とする溶液を用いるが、当該溶液に、n - ペンタシラン、n - ヘキサシラン、n - ヘプタシランなどのケイ素化合物が含まれていてもよい。

また、本発明における不純物濃度が制御されたシリコン膜を形成するために使用する液体材料に含まれるケイ素化合物は、一般式 $\text{Si}^a \text{X}^b \text{Y}^c$ 。（ここで、X は

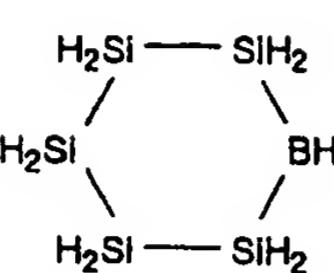
水素原子および／またはハロゲン原子を表し、Yはホウ素原子またはリン原子を表し、aは3以上の整数を表し、bはa以上で $2a+c+2$ 以下の整数を表し、cは1以上でa以下の整数を表す)で表わされる変性シラン化合物が含有される。式中のXは水素原子またはフッ素原子、塩素原子、臭素原子、沃素原子などのハロゲン原子であり、式中のYはホウ素原子またはリン原子を表す。変性シラン化合物を不活性ガス雰囲気中もしくは還元性ガス雰囲気中で熱分解、光分解、或いは更にレーザー照射したときにホウ素原子またはリン原子で変性されたシリコンに変換されるものである。また、式中のa、bおよびcは、次の関係が成り立つものであり、aは3以上の整数を表し、bはa以上で $2a+c+2$ 以下の整数を表し、cは1以上でa以下の整数を表す。aが3より小さい場合には変性シラン化合物がガス状もしくは液体状のため塗布法により良好な変性シラン膜を形成しにくい。

特に、上記一般式 $Si_aX_bY_c$ のケイ素化合物として、 $a+c$ が5以上20以下であるものが好ましく、 $a+c$ が5又は6であるものがより好ましい。nが5より小さい場合、ケイ素化合物自体が環構造による歪みにより不安定となるため取り扱いが難しくなり、また $a+c$ が20より大きい場合、ケイ素化合物の凝集力に起因して溶液中の溶解性が低下し、実際に使用可能な溶媒の選択性が狭くなる。

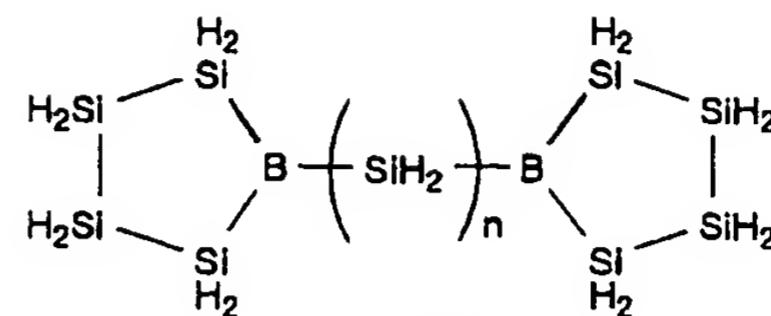
上記一般式 $Si_aX_bY_c$ の具体例としては、下記式の化合物6～化合物27の変性シラン化合物を挙げることができる。



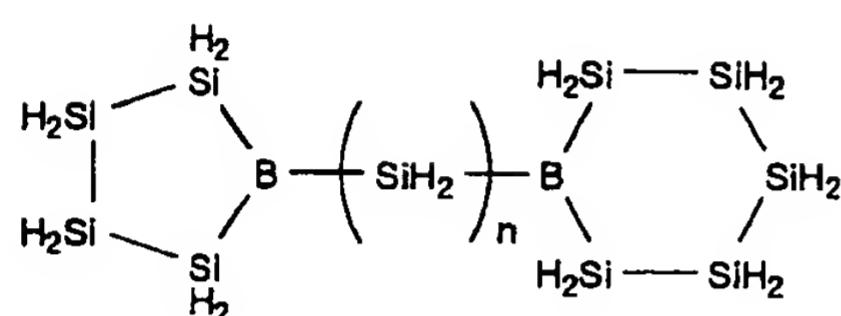
化合物 6



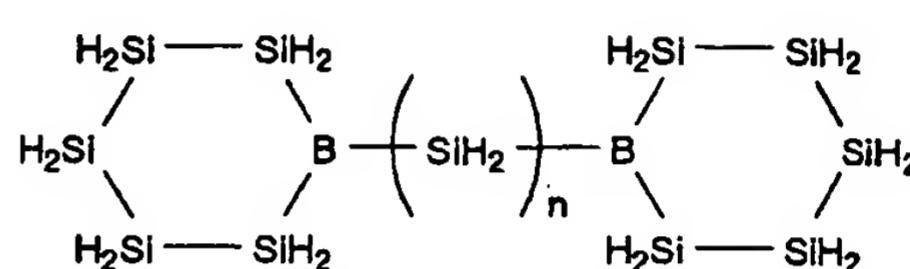
化合物 7



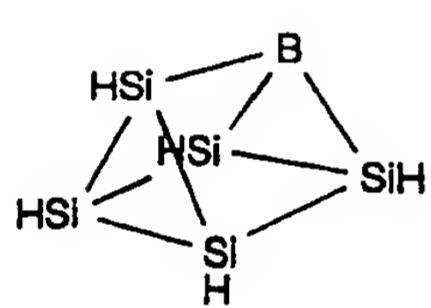
化合物 8



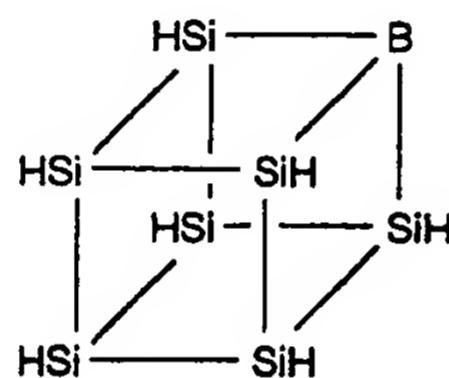
化合物 9



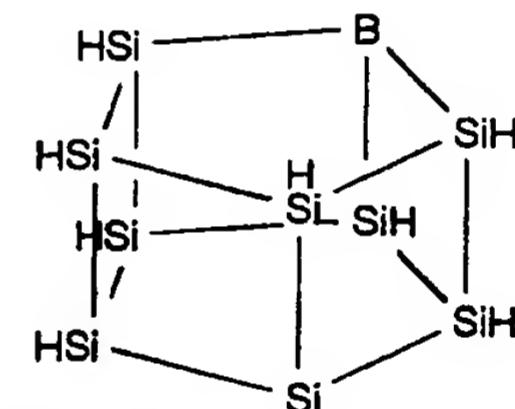
化合物 10



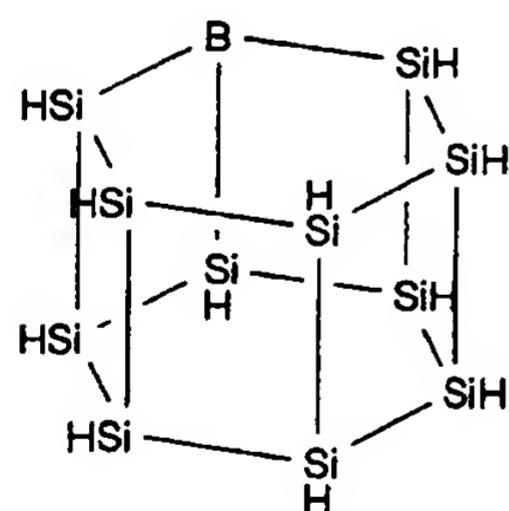
化合物 11



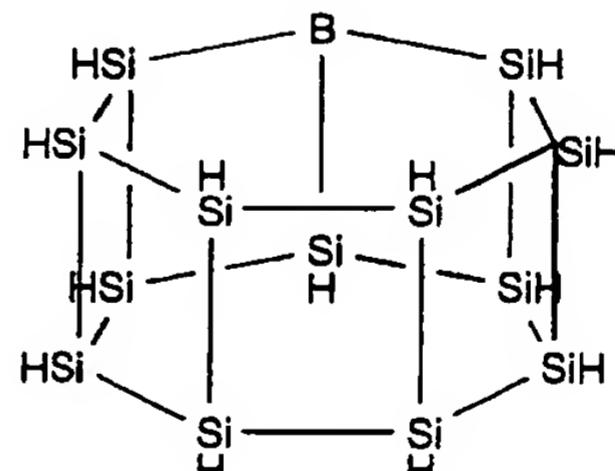
化合物 12



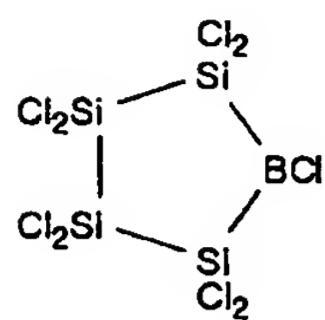
化合物 13



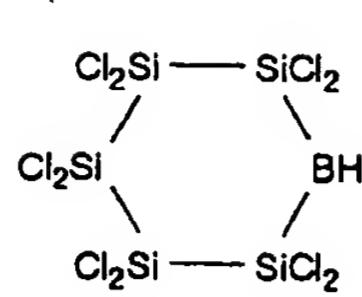
化合物 14



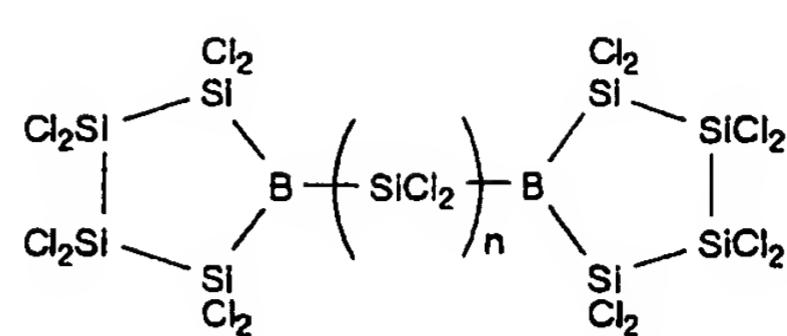
化合物 15



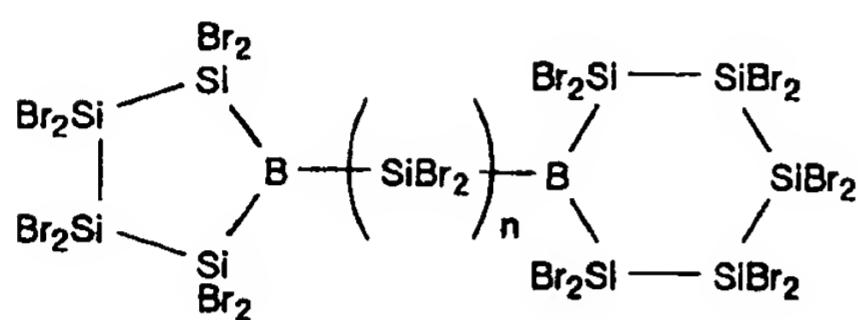
化合物 1 6



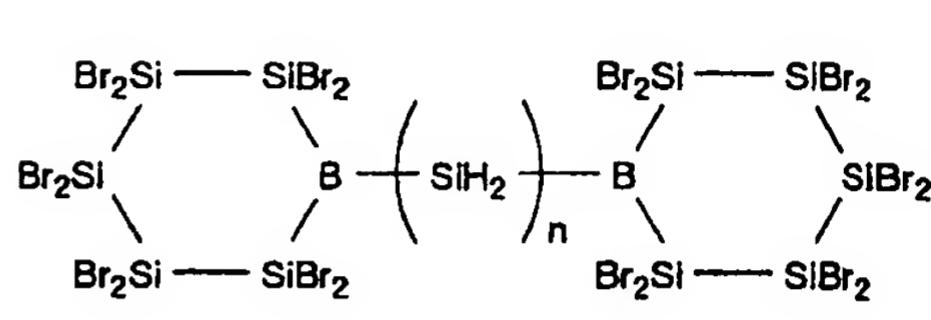
化合物 1 7



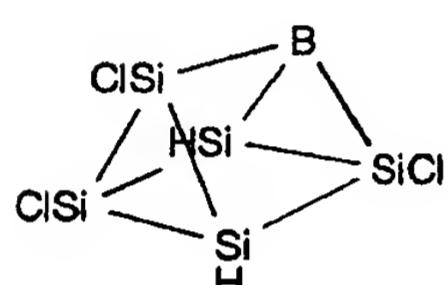
化合物 1 8



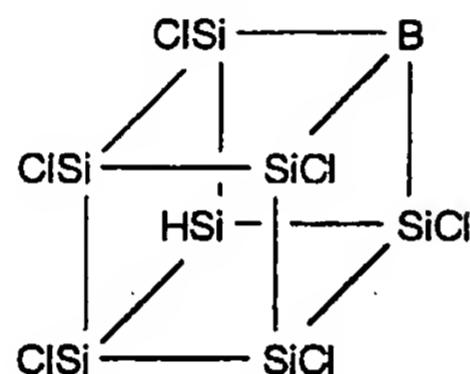
化合物 1 9



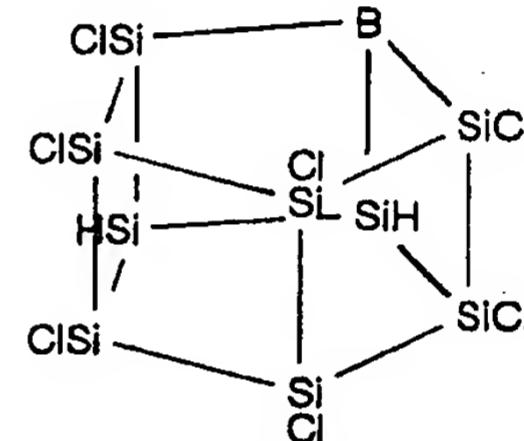
化合物 2 0



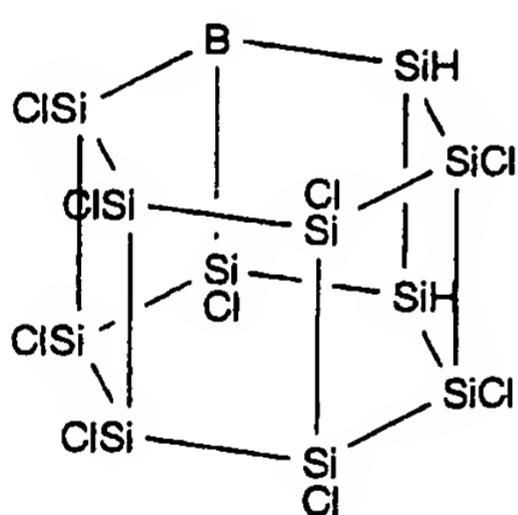
化合物 2 1



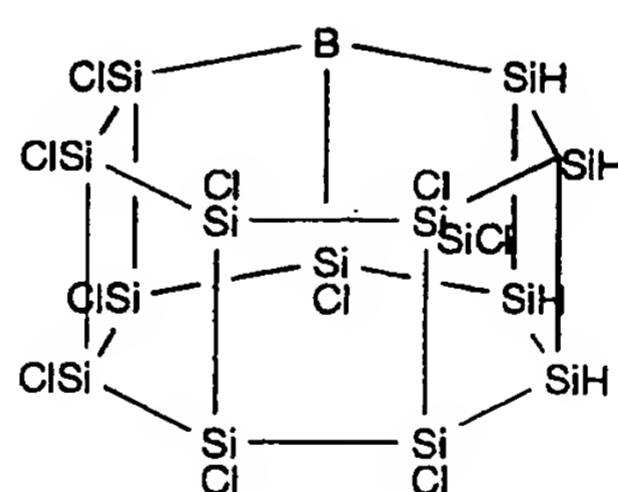
化合物 2 2



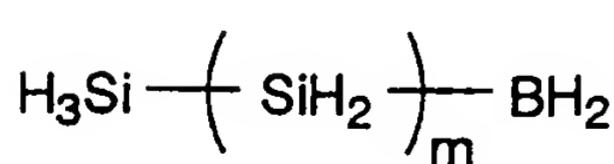
化合物 2 3



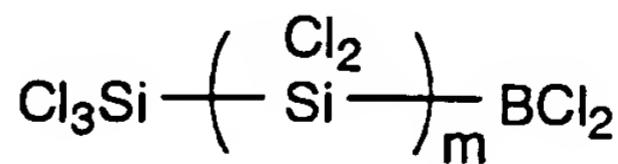
化合物 2 4



化合物 2 5



化合物 2 6



化合物 2 7

ここで、化合物 8、9、10、18、19 および 20 中の n は 0 以上の整数を表し、化合物 26 および 27 中の m は 2 以上の整数を表す。なお、これらの式ではホウ素による変性シラン化合物のみを挙げたが、リンによる変性シラン化合物

としてもホウ素による変性シラン化合物と同様の骨格を有する変性シラン化合物を挙げることができる。

本発明では、上述の変性シラン化合物を溶液中のケイ素化合物として単独で使用してもよいし、変性されていない前記シラン化合物と混合して使用することもできる。変性シラン化合物と変性されていないシラン化合物との混合割合は、変性シラン化合物のホウ素あるいはリンの変性元素の含有率により異なるが、ケイ素原子に対して変性元素が 1 p p b ~ 2 5 % 程度である。

本発明における不純物濃度が制御されたシリコン膜を形成するために使用する液体材料として、上記一般式 Si_nX_m のケイ素化合物および／または上記一般式 $Si_aX_bY_c$ の変性ケイ素化合物を溶媒に溶解した溶液を用いる。本発明で、上記溶液に使用する溶媒は通常、室温での蒸気圧が 0. 001 ~ 200 mmHg のものを用いる。蒸気圧が 200 mmHg より高い場合には、コーティングで塗膜を形成する場合に溶媒が先に蒸発してしまい良好な塗膜を形成することが困難となることがある。一方、蒸気圧が 0. 001 mmHg より低い溶媒の場合、乾燥が遅くなりケイ素化合物のコーティング膜中に溶媒が残留し易くなり、後工程の熱および／または光処理後にも良質のシリコンおよび変性シリコン膜が得られ難いことがある。

本発明で使用する溶媒としては、ケイ素化合物を溶解し溶媒と反応しないものであれば特に限定されないが、具体例として、n-ヘキサン、n-ヘプタン、n-オクタン、n-デカン、ジシクロヘキサン、ベンゼン、トルエン、キシレン、デュレン、インデン、テトラヒドロナフタレン、デカヒドロナフタレン、スクワランなどの炭化水素系溶媒の他、ジブロビルエーテル、エチレングリコールジメチルエーテル、エチレングリコールジエチルエーテル、エチレングリコールメチルエチルエーテル、ジエチレングリコールジメチルエーテル、ジエチレングリコールジエチルエーテル、ジエチレングリコールメチルエチルエーテル、テトラヒドロフラン、テトラヒドロビラン、1, 2-ジメトキシエタン、ビス(2-メトキシエチル)エーテル、p-ジオキサンなどのエーテル系溶、さらにプロピレンカーボネート、 γ -ブチロラクトン、N-メチル-2-ピロリドン、ジメチルホルムアミド、アセトニトリル、ジメチルスルホキシド、クロロホルムなどの極性

溶媒を挙げることができる。これらのうち、ケイ素化合物及び変性ケイ素化合物との溶解性と該溶液の安定性の点で炭化水素系溶媒、エーテル系溶媒が好ましく、さらに好ましい溶媒としては炭化水素系溶媒を挙げることができる。これらの溶媒は、単独でも、或いは2種以上の混合物としても使用できる。特に炭化水素系溶媒は、ケイ素化合物の溶解性を向上させ、後述する熱処理や光処理時のケイ素化合物の残留を抑制する観点好適である。

本発明における不純物濃度が制御されたシリコン膜の形成において、一般に行われているCVD法のようにガスを供給するのではなく、上述したようなケイ素化合物を溶解した溶液を基板に塗布した後、溶媒を乾燥させケイ素化合物の膜を形成し、該ケイ素化合物の膜を熱分解および/または光分解して金属シリコン膜に変換する、或いは熱分解および/または光分解後、さらにレーザー処理により多結晶シリコン膜に変換するものである。また特に変性ケイ素化合物を用いた場合には、ホウ素原子またはリン原子により変性されたシリコン膜を真空系でイオン注入することなく、p型あるいはn型のシリコン膜を形成することができる。

ケイ素化合物を含有する溶液の塗布の方法としてはスピントロート法、ロールコート法、カーテンコート法、ディップコート法、スプレー法、インクジェット法等の方法を用いることができる。塗布は一般には室温以上の温度で行われる。室温以下の温度ではケイ素化合物の溶解性が低下し一部析出する場合がある。また塗布する場合の雰囲気は、酸素が排除された、窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性ガス中で行なうことが好ましい。さらに必要に応じて水素などの還元性ガスを混入したものが好ましい。スピントロート法を用いる場合のスピナーの回転数は形成する薄膜の厚み、塗布溶液組成により決まるが一般には100～5000 rpm、好ましくは300～3000 rpmが用いられる。塗布した後は溶媒を除去するために加熱処理を行う。加熱する温度は使用する溶媒の種類、沸点（蒸気圧）により異なるが通常100°C～200°Cである。雰囲気は上記塗布工程と同様に酸素が排除された、窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性ガス中で行なうことが好ましい。

本発明では、上記ケイ素化合物を含む塗布膜を熱及び/又は光処理によってシリコン膜に変換する。本発明において得られるシリコン膜はアモルファス状ある

いは多結晶状であるが、熱処理の場合には一般に到達温度が約550°C以下の温度ではアモルファス状、それ以上の温度では多結晶状のシリコン膜が得られる。アモルファス状のシリコン膜を得たい場合は、好ましくは300°C~550°C、より好ましくは350°C~500°Cで熱処理がなされる。到達温度が300°C未満の場合は、ケイ素化合物の熱分解が十分に進行せず、十分な厚さのシリコン膜を形成できない場合がある。上記熱処理を行う場合の雰囲気は、酸素が排除された、窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性ガス、もしくは水素などの還元性ガスを混入したものが好ましい。多結晶状のシリコン膜を得たい場合は、上記で得られたアモルファス状シリコン膜にレーザーを照射して多結晶シリコン膜に変換することができる。上記レーザーを照射する場合の雰囲気は窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性ガス、もしくはこれらの不活性ガスに水素などの還元性ガスを混入したもの等酸素を含まない雰囲気とすることが好ましい。

一方、光処理については、ケイ素化合物溶液の塗膜に対し、その溶媒除去する前及び/又は溶媒除去後に、酸素が排除された不活性ガス雰囲気中で行うことができる。溶媒に可溶なケイ素化合物は当該光処理による反応により溶媒不溶性の強靭な塗膜に変化するだけではなく、光処理後、又はそれと同時に熱処理を行うことにより光学的電気特性に優れたシリコン膜に変換される。

本発明において、ケイ素化合物をシリコン膜に変換する際の光処理に使用する光源としては、低圧あるいは高圧の水銀ランプ、重水素ランプ、アークランプあるいはアルゴン、クリプトン、キセノン等の希ガスの放電光の他、YAGレーザー、アルゴンレーザー、炭酸ガスレーザー、XeF、XeCl、XeBr、KrF、KrCl、ArF、ArClなどのエキシマレーザーなどを光源として使用することができる。これらの光源は一般には、10~5000Wの出力のものが用いられるが、通常100~1000Wで十分である。これらの光源の波長はケイ素化合物が多少でも吸収するものであれば特に限定されないが通常170nm~600nmであり、特に吸収効率の点から波長170nm~380nmの範囲に十分な強度を有する光源が特に好ましい。また多結晶シリコン膜への変換効率の点でレーザー光の使用が特に好ましい。これらの光処理時の温度は通常室温~500°Cであり、得られるシリコン膜の半導体特性に応じて適宜選ぶことができ

る。

本発明の上記ケイ素化合物溶液の濃度は1～80重量%程度であり、所望のシリコン膜厚に応じて調製することができる。80%を超えると析出しやすく均一な塗布膜が得られない。

これらの溶液は目的の機能を損なわない範囲で必要に応じてフッ素系、シリコン系、ノニオン系などの表面張力調節材を微量添加することができる。このノニオン系表面張力調節材は、溶液の塗布対象物への濡れ性を良好化し、塗布した膜のレベルリング性を改良し、塗膜のぶつぶつの発生、ゆず肌の発生などの防止に役立つものである。

かかる非イオン性界面活性剤としては、フッ化アルキル基もしくはバーフルオロアルキル基を有するフッ素系界面活性剤、又はオキシアルキル基を有するポリエーテルアルキル系界面活性剤を挙げることができる。前記フッ素系界面活性剤としては、 $C_9F_{19}CONHC_{12}H_{25}$ 、 $C_8F_{17}SO_2NH-(C_2H_4O)_6H$ 、 $C_9F_{17}O$ （ブルロニックL-35） C_9F_{17} 、 $C_9F_{17}O$ （ブルロニックP-84） C_9F_{17} 、 C_9F_7O （テトロニック-704） $(C_9F_{17})_2$ などを挙げることができる。（ここで、ブルロニックL-35：旭電化工業（株）製、ポリオキシプロピレン-ポリオキシエチレンブロック共重合体、平均分子量1,900；ブルロニックP-84：旭電化工業（株）製、ポリオキシプロピレン-ポリオキシエチレンブロック共重合体、平均分子量4,200；テトロニック-704：旭電化工業（株）製、 N, N, N', N' -テトラキス（ポリオキシプロピレン-ポリオキシエチレンブロック共重合体）、平均分子量5,000）などを挙げることができる。

これらのフッ素系界面活性剤の具体例としては、エフトップEF301、同EF303、同EF352（新秋田化成（株）製）、メガファックF171、同F173（大日本インキ（株）製）、アサヒガードAG710（旭硝子（株）製）、フローラードFC-170C、同FC430、同FC431（住友スリーエム（株）製）、サーフロンS-382、同SC101、同SC102、同SC103、同SC104、同SC105、同SC106（旭硝子（株）製）、BM-1000、同1100（B. M-Chemie社製）、Schsego-Fluor（Sc

hwegmann社製)などを挙げることができる。

又ポリエーテルアルキル系界面活性剤としては、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、ポリオキシエチレンアリルエーテル、ポリオキシエチレンアルキルフェノールエーテル、ポリオキシエチレン脂肪酸エステル、ソルビタン脂肪酸エステル、ポリオキシエチレンソルビタン脂肪酸エステル、オキシエチレンオキシプロピレンブロックポリマーなどを挙げることができる。

これらのポリエーテルアルキル系界面活性剤の具体例としては、エマルゲン105、同430、同810、同920、レオドールSP-40S、同TW-L120、エマノール3199、同4110、エキセルP-40S、ブリッジ30、同52、同72、同92、アラッセル20、エマゾール320、ツイーン20、同60、マージ45(いずれも(株)花王製)、ノニボール55(三洋化成(株)製)などを挙げることができる。上記以外の非イオン性界面活性剤としては、例えばポリオキシエチレン脂肪酸エステル、ポリオキシエチレンソルビタン脂肪酸エステル、ポリアルキレンオキサイドブロック共重合体などがあり、具体的にはケミstatt 2500(三洋化成工業(株)製)、SN-EX9228(サンノブコ(株)製)、ノナール530(東邦化学工業(株)製)などを挙げができる。この非イオン性界面活性剤の使用量は、(a)+(b)成分100重量部に対して、好ましくは0.01~10重量部、特に好ましくは0.1~5重量部である。0.01重量部未満では非イオン性界面活性剤の効果を発揮できず、一方、10重量部を超えると得られる組成物が発泡し易くなると共に、熱変色を起こす場合があり好ましくない。

かくして調製したケイ素化合物溶液の粘度は通常1~100 mPa·sの範囲のものであり塗布装置や目的の塗布膜厚に応じて適宜選択することができる。100 mPa·sを超えると均一な塗布膜を得ることが困難になる。

本発明では絶縁膜の形成を極力液体材料を用いる方法で行う。絶縁膜の形成に使用される液体材料としては、ポリシラザンやSOG及び各種の有機材料がある。有機材料にはポリイミドやアクリル系の材料など各種の材料があり、薄膜トランジスタの電気的特性を左右するゲート絶縁膜としては不向きであるが、層間絶縁

膜やパシベーション用の絶縁膜として利用できる。ポリシラザンは Si-N-Si 結合を有し、SOG は Si-O-Si 結合を有し、両者とも常温で液体であり、スピンドル法、ロールコート法、カーテンコート法、ディップコート法、スプレー法、インクジェット法等の方法で基板上に塗布膜を形成することができる。塗布膜の形成方法は絶縁膜の厚さや膜厚の均一性、基板のサイズや形状などによって選択できる。また、塗布膜を形成した後の熱処理温度は、一般的には高い程良い膜質の絶縁膜が得られるが、使用する基板の耐熱性や半導体装置のプロセス条件を考慮して適当な温度で行われる。熱処理温度が 300 乃至 500 °C 程度の比較的低温に限定される場合は、ポリシラザンを用いた方が SOG より膜質のよい絶縁膜を形成することができる。また、液体材料中に基板を浸漬することにより基板表面に絶縁膜を形成する方法もある。例えば、特開平 5-259154 に開示されているようにケイ素化水素酸の水溶液中に基板を浸漬し、該水溶液にホウ酸を添加することにより、基板上に SiO_2 膜を形成することもできる。尚、ゲート絶縁膜はその膜質や形成方法が薄膜トランジスタの電気特性を大きく左右するので、特に高性能の薄膜トランジスタを得る必要が場合には、従来の真空装置を用いた成膜方法や熱酸化あるいはプラズマ酸化により形成することもできる。

本発明では導電膜の形成を極力液体材料を用いる方法で行う。液体材料を用いた導電膜の形成には、液体材料をスピンドル法などにより基板上に塗布膜を形成する工程と該塗布膜を熱処理して導電膜とする工程からなる方法と、液体材料中に基板を浸漬して基板表面に導電膜を形成する方法がある。前記塗布膜を用いる方法で使用される液体材料には、金属微粒子を有機溶液中に分散した懸濁液や金属を含む有機化合物を溶剤に溶かした溶液が利用できる。懸濁液では貴金属の微粒子を用いたものが知られており、Au や Ag などの金属膜を形成できる。金属を含む有機化合物溶液には Al、Cu などを含むものがあり、In と Sn を含む有機化合物からは透明導電膜である ITO 膜を形成することができる。また、浸漬法による導電膜形成では所謂メッキ法が利用でき、Ni、Cu、Au などの金属膜を形成することができる。導電膜の形成において、下層の配線や電極あるいは薄膜トランジスタのソース・ドレイン領域との接触抵抗を確保するために、

従来の形成方法であるスパッタ法を用いたり、スパッタ法と前記液体材料を用いる方法と組み合わせて導電膜を形成することもできる。

以下本発明の実施例について説明する。

(実施例 1)

本発明の第 1 の実施例を第 5 図を参照して説明する。第 5 図は本発明によるコプレナ型薄膜トランジスタの製造方法をその工程に沿って示す。

第 5 図 (a) においてガラス基板 501 上にケイ素化合物としてシクロペンタシランとシクロヘキサシランの混合物をベンゼンを溶媒とする 5 % 溶液を用いて、回転数 500 r p m で塗布膜を形成した。次に 100°C 20 分の熱処理を行い塗布膜の溶剤を除去した後、更に 400°C 30 分の熱処理を行い、前記塗布膜を金属状のシリコン膜とした。次にエネルギー密度 250 mJ/cm² でレーザアニールを行い、多結晶シリコン膜を形成した。次にフォトエッチングによりソース、ドレイン及びチャネル領域となる島領域 502 を形成した。

前記ソース、ドレイン及びチャネル領域となる島領域はノンドープシリコン膜で形成したが、薄膜トランジスタの V_{t h} 制御のためにリンまたはボロンをドープしたドープシリコン膜としてもよい。このためにはシクロペンタシランとシクロヘキサシランの混合物であるケイ素化合物と、リン変性シラン化合物またはボロン変性シラン化合物の混合物を塗布膜とする。塗布膜の熱処理及びレーザアニールは前述とほぼ同様な条件で行う。ドープシリコン膜のリン又はボロン濃度の制御は、前記ケイ素化合物と変性シランの混合割合によって調整できる。

前記ドープシリコン膜のリン又はボロンの濃度制御の方法として、前記ケイ素化合物による塗布膜とリン又はボロンによる変成シラン化合物による塗布膜の積層膜を用いることが出来る。前記積層膜を形成した後レーザアニールすることにより、ドープシリコン膜中の不純物がノンドープシリコン膜に拡散する。不純物の濃度制御は前記塗布膜の膜厚とレーザアニールの条件により制御することが出来る。

次に、第 5 図 (b) に示すようにゲート絶縁膜 503 を液体材料を用いて形成した。先ずキシレンを溶剤とする 5 % 濃度のポリシラザンを回転数 2000 r p

mで基板に塗布し、膜厚約1200Åの塗布膜を形成した。次に前記塗布膜を80°C30分のベークを行い溶剤を除去し、次に350°Cで60分の熱処理を行いSiO₂膜に変成しゲート絶縁膜503を形成した。前記350°Cの熱処理は酸素含有の雰囲気で行ったが、酸素と水蒸気を含む雰囲気中で行うと、ゲート絶縁膜の電気特性やMOS界面特性が向上し薄膜トランジスタとしての信頼性も向上する。

次に、液体材料によりゲート電極504を形成する。ゲート電極には液体材料を用いて形成されるドープシリコン膜や金属微粒子の懸濁液を用いて形成される金属膜、或いはメッキ法で形成される金属膜などが利用できるが、本実施例では液体材料によって形成されるITO膜を用いた。先ず、インジウムとスズを含有する有機化合物をキシレンを溶媒とした濃度8%の溶液を用い、回転数1500rpmで基板上に塗布膜を形成する。次に80°Cの熱処理により溶媒を除去し、次に300°Cの熱処理を行い膜厚2000ÅのITO膜を形成した。次にフォトエッチングにより第5図(b)に示すようにゲート電極504を形成した。尚、前記熱処理において、300°Cで30分乃至60分程度の熱処理を行った後、引き続き水素含有の還元雰囲気で基板を200°C、望ましくは150°C程度まで冷却した後大気中に取り出すとITO膜の抵抗をより低減することが出来る。

次に第5図(c)に示すようにゲート電極をマスクにゲート絶縁膜を除去し、ソース・ドレイン領域となるシリコン膜505及び506を露出させる。

次に第5図(d)に示すようにシリコン原子とボロン又はリン含有の液体材料を用いてドープシリコン膜507を形成する。該ドープシリコン膜は前記露出されたソース・ドレイン領域505及び506を覆うように形成される。本実施例ではシリコン原子とボロン又はリン含有の液体材料としてリン変性ケイ素化合物をトルエンを溶媒とした溶液を用いた。前記溶液を基板にスピンドルコートして塗布膜を形成し、150°Cの熱処理により溶媒を除去し、次に350°Cの熱処理によりドープアモルファスシリコン膜とし、次にXeClによるレーザアニールを行った。前記レーザアニールによりシリコン膜は多結晶化すると同時に、ドープシリコン膜507からリンが下層のシリコン膜に拡散しソース・ドレイン領域505及び506がn型の多結晶シリコンとして形成される。

次に第5図(e)に示すように、n型の多結晶シリコンをフォトエッチングしてソース・ドレイン領域の一部(508、509)として形成する。従って、ソース・ドレイン領域は部分的に2層構造となるが、該2層構造部分は少なくともソース・ドレイン領域の電極取り出しのためのコンタクトホールが開口される位置に形成されるようとする。次に、ポリシラザンを用いて層間絶縁膜510を形成した。先ず濃度10%の溶液を回転数1000 rpmで基板上に塗布して塗布膜を形成する。次に80°Cのピークを行い溶剤であるキシレンを除去し、次に350°Cの熱処理を行い膜厚約5000 ÅのSiO₂膜を形成した。前記350°Cの熱処理は酸素含有の雰囲気で行ったが、酸素と水蒸気を含む雰囲気中で行うと、絶縁膜としての電気特性や信頼性をより向上させることが出来る。

次に前記層間絶縁膜にコンタクトホールを開口した後、第5図(f)に示すように液体材料を用いてソース・ドレイン用の電極511を形成した。該電極の形成に使用される液体材料としては、金属微粒子を有機溶剤に分散させた懸濁液やインジウムとスズを含有する有機化合物を有機溶媒に溶かした溶液を用いることが出来る。また、無電解メッキにより形成されるニッケル膜などの薄膜を利用する事もできる。液晶表示装置などに使用される透明電極を有する薄膜トランジスタを形成する場合には、該透明導電膜をインジウムとスズを含有する有機化合物を液体材料として用いることが出来る。本実施例では粒径数十Åに金微粒子を有機溶剤に分散させた懸濁液を用いた。該懸濁液を基板上に塗布して塗布膜を形成し、次に200°Cの熱処理を行い導電膜とし、第5図(f)に示すようにパターニングして電極511、511'を形成した。

(実施例2)

本発明の第2の実施例を第6図を参照して説明する。第6図は本発明によるスタガ型薄膜トランジスタの製造方法をその工程に沿って示す。

第6図(a)において、601はガラス基板、602及び603はソース・ドレイン領域となる不純物をドープしたドープシリコン膜である。ドープシリコン膜の形成にはリン変成シラン化合物溶液を用いた。リン変成シラン化合物溶液をスピンドル法により基板に塗布して塗布膜を形成する。次に80°C乃至15

0°Cの熱処理で塗布膜の溶剤を除去し更に350°C30分の熱処理を行いアモルファス状態のドープシリコン膜とする。次にエネルギー密度約300 mJ/cm²でレーザアニールを行いドープシリコン膜を多結晶化する。次にフォトエッチングによりパターニングしてソース・ドレイン領域602及び603を形成する。

次に第6図(b)に示すようにチャネル領域となるシリコン膜604を形成する。先ず、ケイ素化合物としてシクロペントシランとシクロヘキサシランの混合物をベンゼンを溶媒とする5%溶液を用いて、回転数500 rpmで塗布膜を形成する。次に100°Cから350°Cまで温度を徐々に上げる熱処理を行い塗布膜の溶剤を除去すると同時にアモルファス状態のシリコン膜とした後、エネルギー密度250 mJ/cm²でレーザアニールを行い該シリコン膜を多結晶化した。次に第6図(b)に示すようにフォトエッチングによりソース・ドレインと接続するようにチャネル領域となる島領域604を形成した。

前記チャネル領域はノンドープシリコン膜で形成したが、薄膜トランジスタのV_th制御のためにリンまたはボロンをドープしたドープシリコン膜としてもよい。このためにはシクロペントシランとシクロヘキサシランの混合物であるケイ素化合物と、リン変性シラン化合物またはボロン変性シラン化合物の混合物を用いて塗布膜を形成する。塗布膜の熱処理及びレーザアニールは前述とほぼ同様な条件で行う。ドープシリコン膜のリン又はボロン濃度の制御は、前記ケイ素化合物と変性シランの混合割合によって調整できる。

前記ドープシリコン膜のリン又はボロンの濃度制御の方法として、前記ケイ素化合物による塗布膜とリン又はボロンによる変成シラン化合物による塗布膜の積層膜を用いることが出来る。前記積層膜を形成した後レーザアニールすることにより、ドープシリコン膜中の不純物がノンドープシリコン膜に拡散する。不純物の濃度制御は前記変成シラン中のリンまたはボロンの濃度だけでなく、前記積層膜それぞれの膜厚やレーザアニールの条件により制御することが出来る。

次に第6図(c)に示すように液体材料によりゲート絶縁膜605を形成する。先ず、5%濃度のポリシラザンを回転数2000 rpmで基板に塗布し、膜厚約1200Åの塗布膜を形成する。次に前記塗布膜を350°Cで30分の熱処理を

行い SiO_2 膜に変成しゲート絶縁膜 605 を形成した。

次に第 6 図 (d) に示すように液体材料によりゲート電極 606 を形成する。ゲート電極には液体材料を用いて形成されるドープシリコン膜や金属微粒子の懸濁液を用いて形成される金属膜、或いはメッキ法で形成される金属膜などが利用できるが、本実施例では液体材料によって形成される ITO 膜を用いた。先ず、インジウムとスズを含有する有機化合物をキシレンを溶媒とした濃度 8 % の溶液を用い、回転数 1500 rpm で基板上に塗布膜を形成する。次に 80°C の熱処理により溶媒を除去し、次に 300°C の熱処理を行い膜厚 2000 Å の ITO 膜を形成した。次にフォトエッチングにより第 6 図 (d) に示すようにゲート電極 606 を形成した。尚、前記熱処理において、300°C で 30 分乃至 60 分程度の熱処理を行った後、引き続き水素含有の還元雰囲気で基板を 200°C、望ましくは 150°C 程度まで冷却した後大気中に取り出すと ITO 膜の抵抗をより低減することが出来る。

次に第 6 図 (e) に示すように液体材料を用いて層間絶縁膜 607 を形成する。先ず濃度 10 % の溶液を回転数 1000 rpm で基板上に塗布して塗布膜を形成する。次に 80°C のペークを行い溶剤であるキシレンを除去し、次に 350°C の熱処理を行い膜厚約 5000 Å の SiO_2 膜を形成した。前記 350°C の熱処理は酸素含有の雰囲気で行ったが、酸素と水蒸気を含む雰囲気中で行うと、絶縁膜としての電気特性や信頼性をより向上させることが出来る。

次に第 6 図 (f) に示すように前記層間絶縁膜 607 にコンタクトホールを開口した後、液体材料を用いて電極 608、608' を形成した。電極の形成に使用される液体材料としては、金属微粒子を有機溶剤に分散させた懸濁液やインジウムとスズを含有する有機化合物を有機溶媒に溶かした溶液を用いることが出来る。また、無電解メッキにより形成されるニッケル膜などの薄膜を利用することもできる。液晶表示装置などに使用される透明電極を有する薄膜トランジスタを形成する場合には、該透明導電膜をインジウムとスズを含有する有機化合物を液体材料として用いることが出来る。

本実施例では ITO 膜により電極を形成した。先ず、インジウムとスズを含有

する有機化合物をキシレンを溶媒とした濃度8%の溶液を用い、回転数1500 rpmで基板上に塗布膜を形成する。次に80°Cの熱処理により溶媒を除去し、次に300°Cの熱処理を行い膜厚約2000ÅのITO膜を形成した。次にフォトエッチングにより第6図(f)に示すように電極608を形成した。尚、前記熱処理において、300°Cで30分乃至60分程度の熱処理を行った後、引き続き水素含有の還元雰囲気で基板を200°C、望ましくは150°C程度まで冷却した後大気中に取り出すとITO膜の抵抗をより低減することが出来る。また、前記電極は透明電極であり液晶表示装置などで必要となる画素電極としても利用できる。

(実施例3)

本発明の第3の実施例を第7図を参照して説明する。第7図は、本発明による逆スタガ型薄膜トランジスタの製造方法をその工程に沿って示す。

先ず、第7図(a)に示すようにガラス基板701上にゲート電極702を形成する。本実施例では無電解メッキ法によりゲート電極を形成した。メッキ液にはナトリウムフリーのニッケルメッキ液を用いて、膜厚約4000Åのニッケル膜を基板上に形成した。ニッケル膜の成長はメッキ液に基板を浸漬してニッケルを析出させることにより行われるが、その前処理工程として基板の表面洗浄やアクリチベータ処理がある。これらの前工程処理では通常ナトリウムが含有された溶液を用いるが、本発明ではこれらの前工程処理でもナトリウムフリーの溶液を用いて行った。ニッケル膜のバターニングは通常のフォトエッチング法により行った。ニッケルのエッチング液は硝酸と冰酢酸の混酸で行った。

次に第7図(b)に示すように液体材料を用いてゲート絶縁膜703を形成した。先ず、5%濃度のポリシラザンを回転数2000 rpmで基板に塗布し、膜厚約1200Åの塗布膜を形成する。次に前記塗布膜中の溶剤を除去する熱処理を80°Cで行い、次に350°Cで30分の熱処理を行いSiO₂膜に変成しゲート絶縁膜703とした。

次に第7図(c)に示すように液体材料を用いてチャネル層となるシリコン膜704を形成する。先ず、ケイ素化合物としてシクロペンタシランとシクロヘキサシランの混合物をベンゼンを溶媒とする5%溶液を用いて、回転数500 rpm

mで塗布膜を形成する。150°Cの熱処理により溶媒を除去し、次に300°C 30分の熱処理を行い金属状のシリコン膜とした後、エネルギー密度250 mJ/cm²でレーザアニールを行い多結晶シリコン膜を形成した。

前記熱処理工程及びレーザアニール後にアモルファスシリコン膜を得る場合は、前記熱処理温度を450°C以上にしてレーザアニール工程を行わないか、レーザエネルギーの低い条件でレーザアニールを行う。但し、アモルファスシリコン膜のアモルファス化の程度や多結晶状態の割合、あるいはシリコンが有機化合物として膜中に残存する割合などは、前記熱処理温度とその時間及び前記エネルギー密度と前記塗布膜の膜厚に依存するため、所望のアモルファスシリコン膜を得るためにそれらの条件を最適化する必要がある。

次に第7図 (d) に示すように、液体材料を用いてチャネル保護膜となる絶縁膜705とソース・ドレイン領域となる不純物ドープのシリコン膜706および707を形成する。チャネル保護膜は例えば前記ゲート電極と同様にポリシラザンを用いて形成することが出来る。ソース・ドレイン領域となるドープシリコン膜の形成は先ずリン又はボロン変成シラン化合物の塗布膜を形成する。次に80°C乃至150°Cの熱処理で塗布膜の溶剤を除去し更に350°C 30分の熱処理を行いアモルファス状態のドープシリコン膜とする。次にエネルギー密度約300 mJ/cm²でレーザアニールを行いドープシリコン膜を多結晶化する。前記レーザアニール時にドープシリコン膜より下層のノンドープシリコン膜に不純物が拡散する。次にフォトエッチングによりパターニングしてソース・ドレイン領域706及び707を形成する。

次に第7図 (e) に示すように液体材料により電極708を形成する。本実施例では該電極をITO膜で形成した。先ず、インジウムとスズを含有する有機化合物をキシレンを溶媒とした濃度8%の溶液を用い、回転数1500 r p mで基板上に塗布膜を形成する。次に80°Cの熱処理により溶媒を除去し、次に300°Cの熱処理を行い膜厚約2000 ÅのITO膜を形成した。次にフォトエッチングにより第7図 (e) に示すように電極708及び708'を形成した。尚、前記熱処理において、300°Cで30分乃至60分程度の熱処理を行った後、引き続き水

素含有の還元雰囲気で基板を 200°C、望ましくは 150°C 程度まで冷却した後大気中に取り出すと ITO 膜の抵抗をより低減することが出来る。また、前記電極は透明電極であり液晶表示装置などで必要となる画素電極としても利用できる。

本発明における薄膜トランジスタの製造方法は、薄膜トランジスタを構成するシリコン膜、絶縁膜、導電膜の各薄膜の全部または一部の薄膜を液体材料を用いて形成する。その主たる方法は、液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成し、該塗布膜を熱処理することにより所望の薄膜を形成するものである。従って、従来の CVD 法やスパッタ法による成膜方法が本質的に内在している様々な課題を解決するものであり、小型で安価な装置により、生産性が高く、欠陥が少なく、歩留まりが高く、段差部の被覆性がよく、低成本で薄膜形成ができ、従って低成本で薄膜トランジスタを製造することができる。

また、本発明の薄膜トランジスタの製造方法では、不純物量が制御されたシリコン膜を液体材料を用いて形成する。従って、シリコン膜への不純物ドープ及び該不純物量の制御に高価な装置を用いるイオン打込み法を使用する必要がないため、低成本で薄膜トランジスタを製造することができる。

請 求 の 範 囲

(1) 不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、前記不純物濃度が制御されたシリコン膜はノンドープシリコン膜とドープシリコン膜からなり、前記ノンドープシリコン膜の形成がシリコン原子含有の液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に該塗布膜をノンドープシリコン膜にする熱処理工程とからなり、前記ドープシリコン膜の形成がシリコン原子と不純物含有の液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に該塗布膜をドープシリコン膜にする熱処理工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

(2) 前記ノンドープシリコン膜とドープシリコン膜からなる不純物濃度が制御されたシリコン膜において、前記ノンドープシリコン膜がチャネル領域を形成し、前記ドープシリコン膜がソース・ドレイン領域を形成することを特徴とする請求の範囲第1項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(3) 前記ドープシリコン膜はゲート電極を形成することを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(4) 前記ドープシリコン膜は電極及び配線を形成することを特徴とする請求の範囲第1項乃至請求の範囲第3項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(5) 不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、所望の不純物濃度を含む前記不純物濃度が制御されたシリコン膜を得るために、シリコン原子を含む液体材料と、シリコン原子と不純物を含む液体材料の混合液を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に該塗布膜を不純物濃度が制御されたシリコン膜にする熱処理工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

(6) 前記所望の不純物濃度を含む前記不純物濃度が制御されたシリコン膜は、チャネル領域を形成することを特徴とする請求の範囲第5項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(7) 不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する

薄膜トランジスタの製造方法において、前記不純物濃度が制御されたシリコン膜はノンドープシリコン膜とドープシリコン膜の積層膜から形成され、前記ノンドープシリコン膜の形成がシリコン原子含有の液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に該塗布膜をノンドープシリコン膜にする熱処理工程とからなり、前記ドープシリコン膜の形成がシリコン原子と不純物を含む液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に該塗布膜をドープシリコン膜にする熱処理工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

(8) 前記ノンドープシリコン膜とドープシリコン膜の積層膜からなる不純物濃度が制御されたシリコン膜は、チャネル領域を形成することを特徴とする請求の範囲第7項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(9) 不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、絶縁基板または絶縁膜上に、シリコン原子を含む液体材料またはシリコン原子と不純物含む液体材料を塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を不純物濃度が制御されたシリコン膜にする熱処理工程と、該シリコン膜をバターニングしてソース、ドレイン及びチャネルとなる島領域を形成する工程と、ゲート絶縁膜を形成する工程と、ゲート電極を形成する工程と、前記ゲート電極をマスクにしてソース、ドレイン領域上のゲート絶縁膜を除去してソース、ドレイン領域となるシリコン膜を露出する工程と、シリコン原子と不純物を含む液体材料を露出したソース・ドレイン領域上に塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を熱処理してドープシリコン膜を形成する第1の熱処理工程と、該ドープシリコン膜中の不純物を下層のシリコン膜に拡散する第2の熱処理工程と、前記ドープシリコン膜をバターニングして前記ソース・ドレイン領域上的一部に重畠するバタンを形成する工程と、層間絶縁膜を形成する工程と、層間絶縁膜にコンタクトホールを開口する工程と、電極を形成する工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

(10) 不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、絶縁基板または絶縁膜上に、シリコン原子と不純物を含む液体材料を塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を熱

処理してドープシリコン膜としてソース、ドレイン領域を形成する工程と、シリコン原子を含む液体材料またはシリコン原子と不純物含む液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を不純物濃度が制御されたシリコン膜にする熱処理工程と、該不純物濃度が制御されたシリコン膜をバターニングして前記ソース、ドレイン領域と接続するチャネル領域を含む島領域を形成する工程と、ゲート絶縁膜を形成する工程と、ゲート電極を形成する工程と、層間絶縁膜を形成する工程と、層間絶縁膜にコンタクトホールを開口する工程と、電極を形成する工程と、を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

(11) 不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、絶縁基板または絶縁膜上に、ゲート電極を形成する工程と、ゲート絶縁膜を形成する工程と、シリコン原子を含む液体材料またはシリコン原子と不純物含む液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を不純物濃度が制御されたシリコン膜にする熱処理工程と、シリコン原子と不純物を含む液体材料を塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜を熱処理して不純物ドープのシリコン膜としてソース、ドレイン領域を形成する工程と、電極を形成する工程とを備えることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

(12) 前記液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成し、次に該塗布膜を熱処理して不純物濃度が制御されたシリコン膜を形成する前記熱処理工程は、前記塗布膜から溶媒を除去する第1の熱処理工程と、次に不純物濃度が制御されたシリコン膜を形成する第2の熱処理工程からなることを特徴とする請求の範囲第1項、第5項、第7項、第9項、第10項、及び第11項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(13) 前記液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成し、次に該塗布膜を熱処理して不純物濃度が制御されたシリコン膜を形成する前記熱処理工程は、前記塗布膜から溶媒を除去する第1の熱処理工程と、次に不純物濃度が制御されたシリコン膜を形成する第2の熱処理工程と、次に該不純物濃度が制御されたシリコン膜を結晶化する第3の熱処理工程からなることを特徴とする請求の範囲第1項、第

5項、第7項、第9項、第10項、及び第11項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(14) 前記第1の熱処理工程は、溶媒を除去する乾燥工程と該塗布膜内で熱分解および/または光分解する工程を含むことを特徴とする請求の範囲第12項又は請求の範囲第13項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(15) 前記光分解する工程は、波長が170 nm以上380 nm以下の光を前記塗布膜に照射することを特徴とする請求の範囲第14項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(16) 前記第2又は第3の熱処理工程は、ランプアニールまたはレーザアニールによる熱処理であることを特徴とする請求の範囲第12項又は第13項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(17) 前記第1、第2、第3の熱処理工程は、該熱処理工程を経て形成された不純物濃度が制御されたシリコン膜中に含まれる酸素原子が100 ppm以下になるように、酸素濃度が制御された雰囲気で処理されることを特徴とする請求の範囲第12項乃至第16項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(18) 不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、前記絶縁膜の形成工程は、基板にポリシラザンを塗布する工程と、次に熱処理により塗布されたポリシラザンを SiO_2 膜とする工程と、を含むことを特徴とする請求の範囲第1項、第5項、第7項、第9項、第10項、及び第11項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(19) 不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、導電膜の形成工程は、金属含有の液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、次に熱処理により該塗布膜を導電膜とする工程と、次に該導電膜をパターニングする工程と、を含むことを特徴とする請求の範囲第1項、第5項、第7項、第9項、第10項、及び第11項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(20) 前記導電膜の形成工程は、メッキ法により基板に導電膜を形成する工程

と、次に該導電膜をパターニングする工程と、を含むことを特徴とする請求の範囲第1項、第5項、第7項、第9項、第10項、及び第11項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(21) 前記導電膜の形成工程は、基板にインジウムとスズを含む有機化合物を塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜をITO膜にする熱処理工程からなることを特徴とする請求の範囲第1項乃至第5項、第8項、第9項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(22) 不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜及び導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、前記薄膜トランジスタは透明導電膜を有し、該透明導電膜を形成する工程は、基板にインジウムとスズを含む有機化合物を塗布して塗布膜を形成する工程と、該塗布膜をITOにする熱処理工程からなることを特徴とする請求の範囲第1項、第5項、第7項、第9項、第10項、及び第11項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(23) 前記不純物濃度が制御されたシリコン膜形成のための液体材料は、一般式 Si_nX_m （ここで、nは5以上の整数を表し、mはnまたは $2n-2$ または $2n$ の整数を表し、Xは水素原子および/またはハロゲン原子を表す）で表される環系を有するケイ素化合物を含む溶液であることを特徴とする請求の範囲第1項、第5項、第7項、第9項、第10項、及び第11項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(24) 前記一般式 Si_nX_m で表される環系を有するケイ素化合物は、nが5以上で20以下であることを特徴とする請求の範囲第23項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(25) 前記不純物濃度が制御されたシリコン膜形成のための液体材料は、一般式 $Si_aX_bY_c$ （ここで、Xは水素原子および/またはハロゲン原子を表し、Yはホウ素原子またはリン原子を表し、aは3以上の整数を表し、bはa以上で $a+c+2$ 以下の整数を表し、cは1以上でa以下の整数を表す）で表されるケイ素化合物を含む溶液であることを特徴とする請求の範囲第1項、第5項、第7項、第9項、第10項、第11項、及び第22項のいずれかに記載の薄膜トラン

ジスタの製造方法。

(26) 前記一般式 $S_i a X_b Y_c$ (ここで、Xは水素原子および／またはハロゲン原子を表し、Yはホウ素原子またはリン原子を表し、a および c は3以上の整数を表し b は a 以上で $2a+c+2$ 以下の整数を表す) で表されるケイ素化合物において、a + c が5以上で20以下であることを特徴とする請求の範囲第25項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(27) 前記ケイ素化合物を含有する溶液は、溶質濃度が1～80重量%であることを特徴とする請求の範囲第23項乃至第26項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(28) 前記ケイ素化合物を含有する溶液は、粘度が1～100 mPa・sであることを特徴とする請求の範囲第23項乃至第26項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(29) 前記ケイ素化合物を含有する溶液は、室温における蒸気圧が0.001～100 mmHg である溶媒を含んでいることを特徴とする請求の範囲第23項乃至第26項のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

(30) 前記溶媒が炭化水素系溶媒であることを特徴とする請求の範囲第29項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

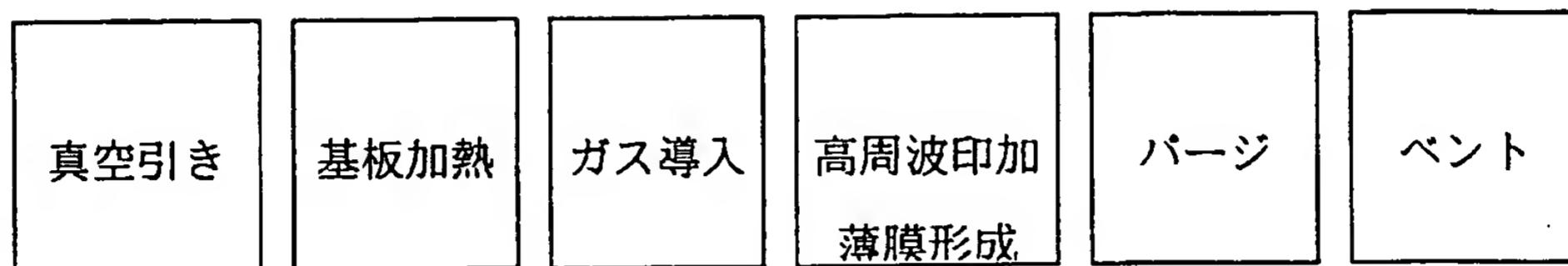
(31) 不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜および導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、前記各薄膜の総ての薄膜または大部分の薄膜が液体材料を用いる方法で形成され、且つ該薄膜の形成において真空装置を用いない方法で形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

(32) 不純物濃度が制御されたシリコン膜と絶縁膜および導電膜の各薄膜を有する薄膜トランジスタの製造方法において、前記薄膜トランジスタは透明導電膜を有しており、前記各薄膜の総ての薄膜または大部分の薄膜が液体材料を用いる方法で形成され、且つ該薄膜の形成において真空装置を用いない方法で形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

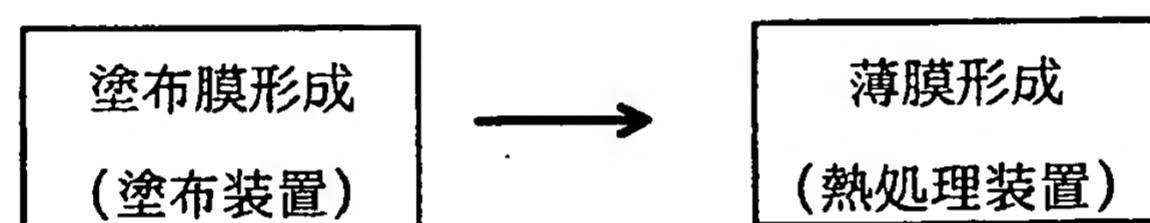
(33) 前記液体材料により形成される各薄膜の形成方法において、該液体材料を基板に塗布して塗布膜を形成する方法が、ロールコート法、カーテンコート法、

ディップコート法、スプレー法、インクジェット法のいずれかの方法または前記いずれかの方法とスピニコート法を組み合わせた方法であることを特徴とする請求の範囲第31項又は第32項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

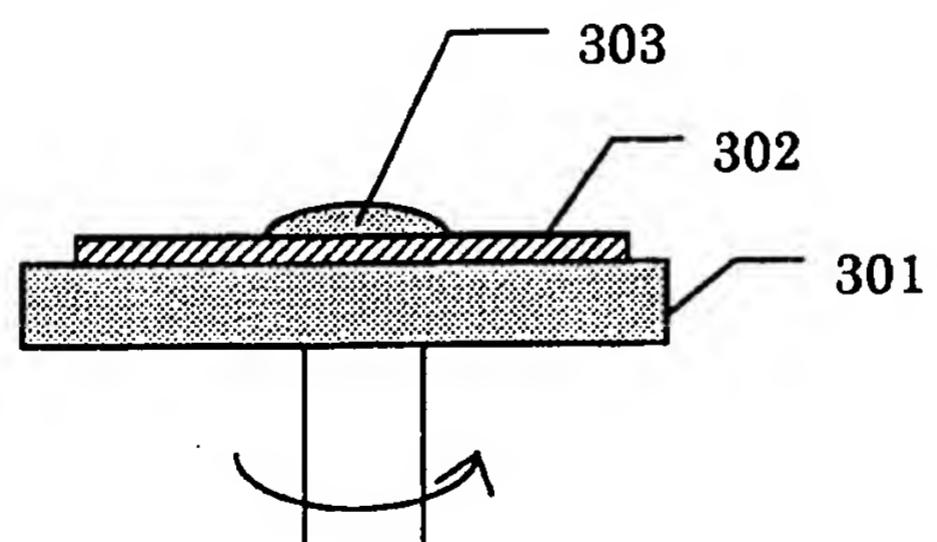
第1図



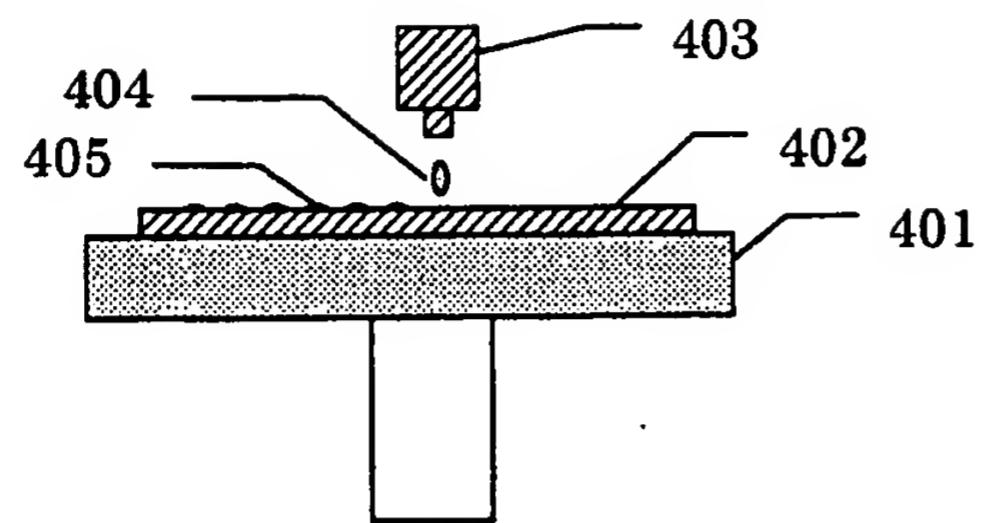
第2図



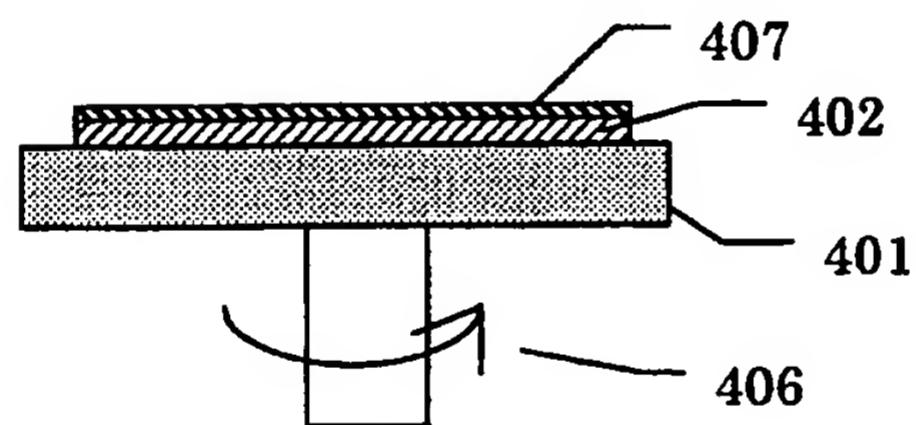
第3図



第4図

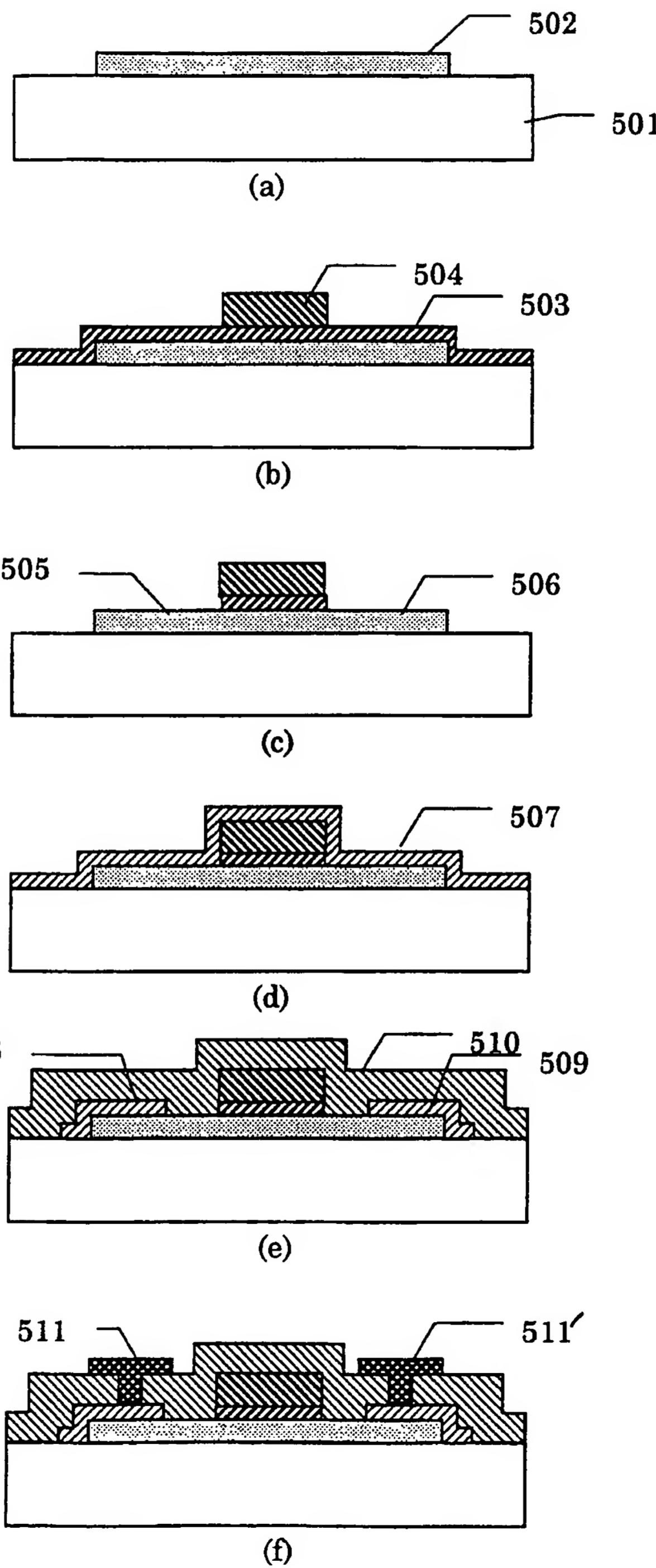


(a)

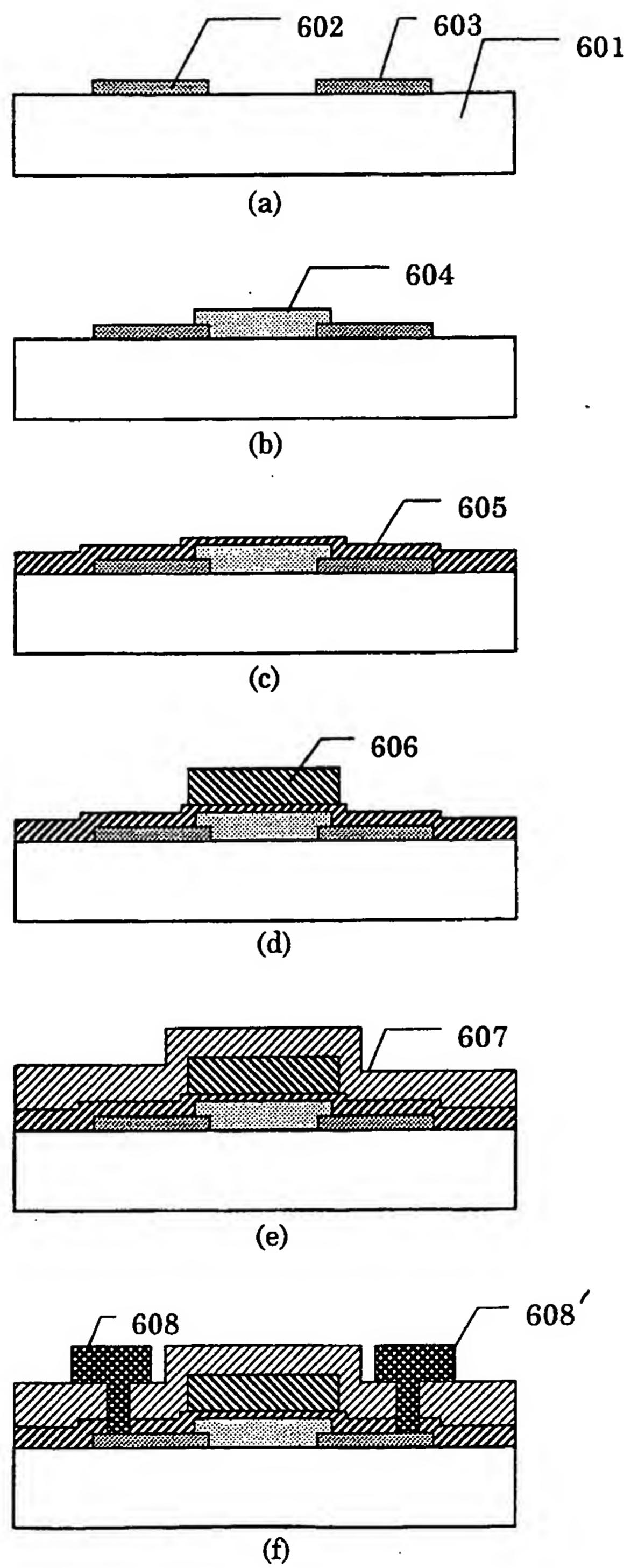


(b)

第5図

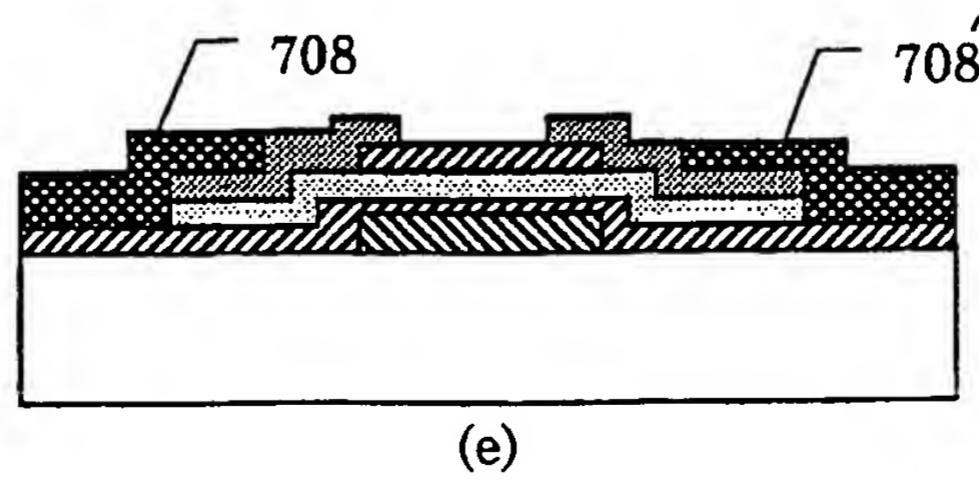
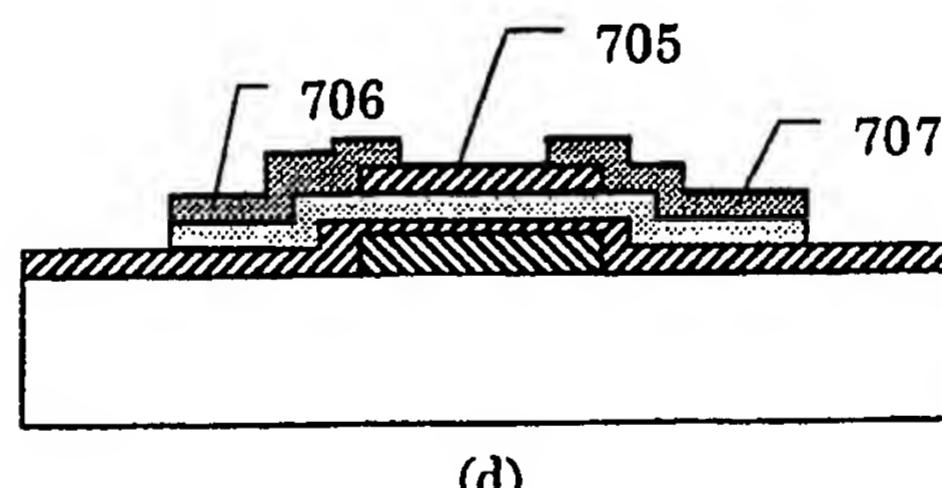
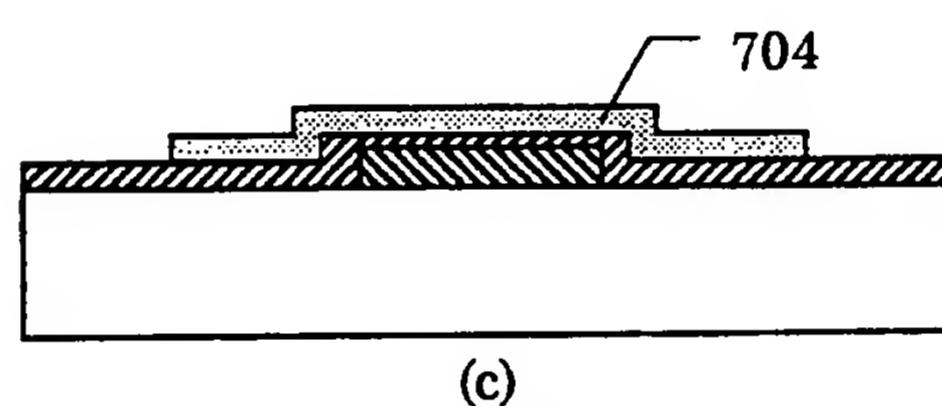
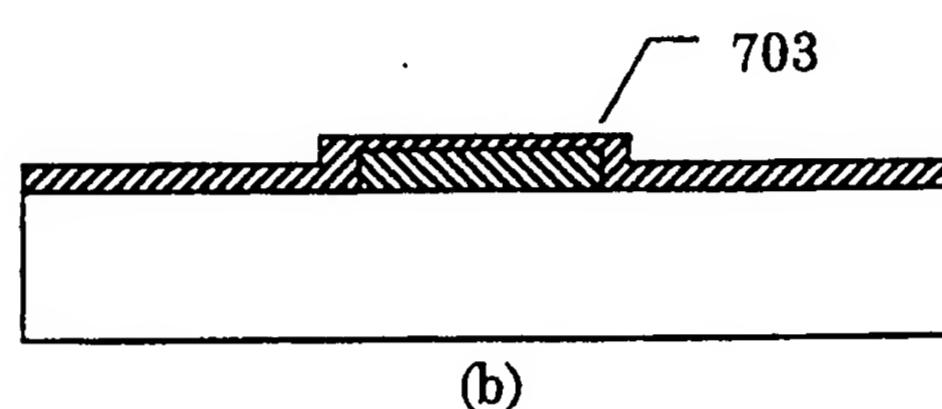
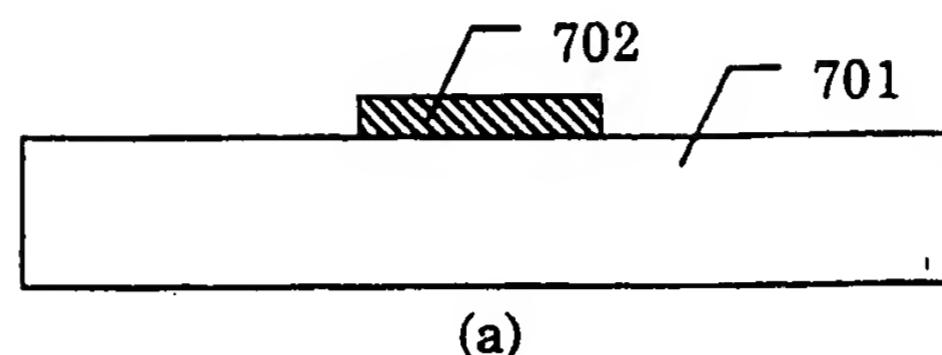


第6図



5 / 5

第7図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/01986

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl⁷ H01L29/786, H01L21/336, H01L21/208, H01L21/316, H01L21/288,
 G02F1/1368

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 Int.Cl⁷ H01L29/786, H01L21/336, H01L21/205, H01L21/208, H01L21/316,
 H01L21/288, G02F1/1368, C23C16/44, C23C18/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1992-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 JICST FILE (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 9-45922, A (SHOWA DENKO K.K.),	1-30, 33
X	14 February, 1997 (14.02.97), Full text (Family: none)	31-32
Y	JP, 5-144741, A (SHOWA DENKO K.K.), 11 June, 1993 (11.06.93), Full text (Family: none)	15
Y	US, 5500537, A (Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha), 19 March, 1996 (19.03.96), Column 3, lines 22 to 39; Column 3, lines 50 to 65 & JP, 3-255669, A page 5, upper left column, line 3 to page 5, upper right column, line 1; page 5, upper right column, line 12 to page 5, lower left column, line 8	19-21, 33
Y	JP, 10-161140, A (NEC Corporation), 19 June, 1998 (19.06.98), page 8, left column, lines 38 to 40 & US, 6043859, A & KR, 98042890, A	18, 33
Y	JP, 11-8395, A (NEC Corporation),	18, 33

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

- * Special categories of cited documents:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
 27 June, 2000 (27.06.00)

Date of mailing of the international search report
 11 July, 2000 (11.07.00)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/01986

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	12 January, 1999 (12.01.99), page 12, right column, lines 12 to 21 & KR, 98081626, A JP, 4-81820, A (Hitachi, Ltd.), 16 March, 1992 (16.03.92), page 3, upper right column, lines 5 to 20 (Family: none)	22, 33

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP00/01986

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int. cl' H01L29/786, H01L21/336, H01L21/208, H01L21/316,
 H01L21/288, G02F1/1368

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int. cl' H01L29/786, H01L21/336, H01L21/205, H01L21/208,
 H01L21/316, H01L21/288, G02F1/1368, C23C16/44,
 C23C18/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1992-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2000年
日本国登録実用新案公報	1994-2000年
日本国実用新案登録公報	1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)
 JICSTファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 9-45922, A (昭和電工株式会社) 14. 2月. 19 97 (14. 02. 97), 全文 (ファミリーなし)	1-30, 33 31-32
Y	JP, 5-144741, A (昭和電工株式会社) 11. 6月. 1 993 (11. 06. 93), 全文 (ファミリーなし)	15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示す
もの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日
以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行
日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する
文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって
出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理
論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明
の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以
上の文献との、当業者にとって自明である組合せに
よって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 06. 00

国際調査報告の発送日

11.07.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

河本 充雄

印 4M 9056

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	US, 5500537, A (Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha) 19. 3月. 1996 (19. 03. 96), 第3欄第22-39行, 第3欄第50-65行 &JP, 3-255669, A, 第5頁左上欄第3行一同頁右上欄第1行, 第5頁右上欄第12行一同頁左下欄第8行	19-21, 33
Y	JP, 10-161140, A (日本電気株式会社) 19. 6月. 1998 (19. 06. 98), 第8頁左欄第38-40行 &US, 6043859, A &KR, 98042890, A	18, 33
Y	JP, 11-8395, A (日本電気株式会社) 12. 1月. 1999 (12. 01. 99), 第12頁右欄第12-21行 &KR, 98081626, A	18, 33
Y	JP, 4-81820, A (株式会社日立製作所) 16. 3月. 1992 (16. 03. 92), 第3頁右上欄第5-20行 (ファミリーなし)	22, 33